

Attorney Docket # 5341-20

Express Mail #EV410260213US
Patent

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Tohru KIMURA

Serial No.: n/a

Filed: concurrently

For: Objective Lens for Optical Pickup
Apparatus, Optical Pickup Apparatus and
Optical Information Recording
Reproducing Apparatus

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop **Patent Application**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

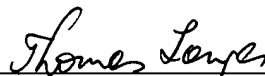
SIR:

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is the certified documentation as follows:

Application No. **2003-035978**, filed on February 14, 2003, in Japan, upon which the priority claim is based.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By



Thomas Langer

Reg. No. 27,264

551 Fifth Avenue, Suite 1210

New York, New York 10176

(212) 687-2770

Dated: February 5, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 1 4 日

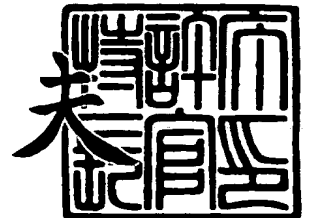
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 3 5 9 7 8
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 3 5 9 7 8]

出 願 人
Applicant(s): コニカミノルタホールディングス株式会社

2 0 0 3 年 1 1 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 DTM01010

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03B 27/58
F16C 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 コニカ株式会社内

【氏名】 木村 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000001270

【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100107272

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 敬二郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100109140

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 研一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 052526

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101340

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 光源から射出される第 1 波長 λ_1 の第 1 光束を集光させることによって厚さ t_1 の第 1 保護層を有する第 1 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行い、第 2 光源から射出される第 2 波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の第 2 光束を集光させることによって厚さ t_2 ($t_2 > t_1$) の第 2 保護層を有する第 2 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、前記第 1 光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_1 に対して、前記第 2 光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_2 がより低次となるように設定された同心円状の複数の輪帯からなる回折構造を少なくとも 1 つの光学面上に有するとともに、

第 1 開口数 NA_1 内で良好な波面を形成するように、前記 n_1 次回折光を前記第 1 保護層を介して前記第 1 光情報記録媒体の情報記録面上に集光し、第 2 開口数 NA_2 ($NA_2 < NA_1$) 内で良好な波面を形成するように、前記 n_2 次回折光を前記第 2 保護層を介して前記第 2 光情報記録媒体の情報記録面上に集光することを特徴とする光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 2】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\lambda_2 / \lambda_1 > 1.3 \quad (1)$$

【請求項 3】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$n_2 = \text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) \quad (2)$$

$$|\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)| < 0.4$$

(3)

但し、 n_1 は 2 以上 10 以下の整数であり、 $\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)$ は λ_1

・ n_1 / λ_2 の値を四捨五入して得られる整数である。

【請求項 4】 入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、次式を満たすことを特徴とする請求項 3 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$INT(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) > 0 \quad (4)$$

【請求項 5】 前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする請求項 4 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 6】 前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$-0.20 \leq f_1 / f_D < 0 \quad (7)$$

【請求項 7】 前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする請求項 6 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 8】 入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正過剰方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、次式を満たすことを特徴とする請求項 3 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) < 0 \quad (8)$$

【請求項 9】 前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする請求項 8 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 10】 前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$0.05 < f_1 / f_D < 0.25 \quad (9)$$

【請求項 11】 前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする請求項 10 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 12】 次式を満たし、且つ前記次数 n_1 と n_2 との組合せが、 $(n_1, n_2) = (2, 1)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(5, 3)$ 、 $(8, 5)$ のいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$390 \text{ nm} < \lambda_1 < 420 \text{ nm} \quad (10)$$

$$640 \text{ nm} < \lambda_2 < 670 \text{ nm} \quad (11)$$

【請求項 13】 正のパワーを有する単レンズ構成を有し、前記第 1 光源及び前記第 2 光源側の光学面上に前記回折構造が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 14】 正のパワーを有する単レンズ構成の屈折レンズと、前記屈折レンズの前記第 1 光源及び前記第 2 光源側に配置されパワーをほとんど有さない光学素子と、から構成される複合型レンズであって、前記光学素子の少なくとも 1 つの光学面上に前記回折構造を形成したことを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 15】 前記屈折レンズは前記第 1 保護層の厚さに応じて前記第 1 波長に対して球面収差が最小となるように最適化されていることを特徴とする請求項 14 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 16】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$NA1 > 0.8 \quad (12)$$

$$0.8 < d/f1 < 1.6 \quad (13)$$

但し、 d は光軸上のレンズ厚さであり、 $f1$ は前記第 1 波長 $\lambda1$ における全系の焦点距離である。

【請求項 17】 前記第 2 開口数 $NA2$ より外側の領域を通過して前記第 2 情報記録媒体の情報記録面に到達した前記第 2 光束は、前記第 1 開口数 $NA1$ 内において $0.07\lambda2\text{RMS}$ 以上の球面収差を有することを特徴とする請求項 1 乃至 16 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 18】 前記第 1 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第 1 結像倍率 $m1$ と、前記第 2 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第 2 結像倍率 $m2$ とが互いに異なり、次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 17 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

$$m1 > m2 \quad (14)$$

【請求項 19】 前記対物レンズの光学面を前記第 2 開口数 $NA2$ より内側に対応した中央領域と、該中央領域を囲み前記第 2 開口数 $NA2$ より外側の周辺領域との 2 つの領域に分割した場合に、前記回折構造は前記中央領域にのみ形成され、前記周辺領域は前記回折構造が形成されない連続面であることを特徴とする請求項 1 乃至 18 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズ。

【請求項 20】 第1光源と、第2光源と、前記第1光源から射出される第1波長 λ_1 の第1光束を集光させることによって厚さ t_1 の第1保護層を有する第1光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行い、前記第2光源から射出される第2波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の第2光束を集光させることによって厚さ t_2 ($t_2 > t_1$) の第2保護層を有する第2光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う対物レンズとを有する光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、前記第1光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_1 に対して、前記第2光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_2 がより低次となるように設定された同心円状の複数の輪帯からなる回折構造を少なくとも1つの光学面上に有するとともに、

前記対物レンズは、第1開口数 NA_1 内で良好な波面を形成するように、前記 n_1 次回折光を前記第1保護層を介して前記第1光情報記録媒体の情報記録面上に集光し、第2開口数 NA_2 ($NA_2 < NA_1$) 内で良好な波面を形成するように、前記 n_2 次回折光を前記第2保護層を介して前記第2光情報記録媒体の情報記録面上に集光することを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 21】 次式を満たすことを特徴とする請求項 20 に記載の光ピックアップ装置。

$$\lambda_2 / \lambda_1 > 1.3 \quad (1)$$

【請求項 22】 次式を満たすことを特徴とする請求項 20 又は 21 に記載の光ピックアップ装置。

$$n_2 = \text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) \quad (2)$$

$$|\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)| < 0.4$$

(3)

但し、 n_1 は2以上10以下の整数であり、 $\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)$ は $\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2$ の値を四捨五入して得られる整数である。

【請求項 23】 入射光束の波長が長くなった場合の前記第2開口数 NA_2 内における球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差の波長依存性を有

するとともに、次式を満たすことを特徴とする請求項 22 に記載の光ピックアップ装置。

$$\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) > 0 \quad (4)$$

【請求項 24】 前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする請求項 23 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 25】 前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 23 又は 24 に記載の光ピックアップ装置。

$$-0.20 \leq f_1 / f_D < 0 \quad (7)$$

【請求項 26】 前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする請求項 25 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 27】 前記対物レンズが、入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正過剰方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、次式を満たすことを特徴とする請求項 22 に記載の光ピックアップ装置。

$$\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) < 0 \quad (8)$$

【請求項 28】 前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする請

求項 27 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 29】 前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 27 又は 28 に記載の光ピックアップ装置。

$$0.05 < f_1 / f_D < 0.25 \quad (9)$$

【請求項 30】 前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする請求項 29 に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 31】 次式を満たし、且つ前記次数 n_1 と n_2 との組合せが、 $(n_1, n_2) = (2, 1)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(5, 3)$ 、 $(8, 5)$ のいずれかであることを特徴とする請求項 20 乃至 30 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

$$390 \text{ nm} < \lambda_1 < 420 \text{ nm} \quad (10)$$

$$640 \text{ nm} < \lambda_2 < 670 \text{ nm} \quad (11)$$

【請求項 32】 前記対物レンズが、正のパワーを有する単レンズ構成を有し、前記第 1 光源及び前記第 2 光源側の光学面上に前記回折構造が形成されていることを特徴とする請求項 20 乃至 31 の何れか 1 項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項 33】 前記対物レンズが、正のパワーを有する単レンズ構成の屈折レンズと、前記屈折レンズの前記第 1 光源及び前記第 2 光源側に配置されパワ

一をほとんど有さない光学素子と、から構成される複合型レンズであって、前記光学素子の少なくとも1つの光学面上に前記回折構造を形成したことを特徴とする請求項20乃至31の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項34】 前記屈折レンズは前記第1保護層の厚さに応じて前記第1波長に対して球面収差が最小となるように最適化されていることを特徴とする請求項33に記載の光ピックアップ装置。

【請求項35】 次式を満たすことを特徴とする請求項20乃至34の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$NA1 > 0.8 \quad (12)$$

$$0.8 < d/f1 < 1.6 \quad (13)$$

但し、 d は光軸上のレンズ厚さであり、 $f1$ は前記第1波長 $\lambda1$ における全系の焦点距離である。

【請求項36】 前記第2開口数 $NA2$ より外側の領域を通過して前記第2情報記録媒体の情報記録面に到達した前記第2光束は、前記第1開口数 $NA1$ 内において $0.07\lambda2\text{RMS}$ 以上の球面収差を有することを特徴とする請求項20乃至35の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項37】 前記第1光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第1結像倍率 $m1$ と、前記第2光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第2結像倍率 $m2$ とが互いに異なり、次式を満たすことを特徴とする請求項20乃至36の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

$$m1 > m2 \quad (14)$$

【請求項38】 前記対物レンズの光学面を前記第2開口数 $NA2$ より内側に対応した中央領域と、該中央領域を囲み前記第2開口数 $NA2$ より外側の周辺領域との2つの領域に分割した場合に、前記回折構造は前記中央領域にのみ形成され、前記周辺領域は前記回折構造が形成されない連続面であることを特徴とする請求項20乃至37の何れか1項に記載の光ピックアップ装置。

【請求項39】 請求項20乃至38の何れか1項に記載の光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置による情報信号の記録及び／又は再生が可能に前記第1光情報記録媒体又は前記第2光情報記録媒体を支持する光情報記録媒体

支持手段とを備えたことを特徴とする光情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、映像情報などを記録する光情報記録媒体として、DVD（デジタルバーサタイルディスク；DVDと略記する）が急速に普及しつつある。DVDは、そのプレーヤーに搭載した光ピックアップ装置に、波長650nmの赤色半導体レーザと開口数（NA）0.6の対物レンズを使用することで1面あたり4.7GBの情報の記録が可能である。

【0003】

ところが、1枚のDVDでは、ハイビジョン画質の映像情報を1面あたり30分程度しか記録することができないので、来るデジタルハイビジョン放送時代における光情報記録媒体として用いるには容量が小さすぎるという指摘がある。このような背景のもと、近年、波長405nmの青紫色半導体レーザとNA0.85の対物レンズを使用する高密度記録光ディスクシステムの研究・開発が進んでおり、かかる高密度光ディスクの規格であるBD（ブルーレイディスク；BDと略記する）が2002年2月に発表された。BDは1面あたり23.3～27GB程度の記録容量を有するため、それを用いれば、ハイビジョン画質の映像情報を1面あたり2時間程度記録できることとなる。

【0004】

ところで、すでに世の中に数多く存在するDVDのソフト資産を生かすためには、BDプレーヤーには、DVDに対してもコンパチブルに記録及び／又は再生できる機能が付加的に要求されるが、それを実現するためには単一光源を用いることは難しく、よってBD用の青紫色半導体レーザと、DVD用の赤色半導体レーザの2種類の光源を搭載することが必要になってくる。これは短波長領域の光

束が2層ディスクの中間層の反射率が低いという特性を有するため、青紫色半導体レーザからの光束を用いて、DVDの2層ディスクを再生することができないという理由によるものである。

【0005】

本出願人は先に、青紫色半導体レーザと赤色半導体レーザの2種類の光源を搭載し、BDとDVDとに対してコンパチブルに記録及び／又は再生可能な光ピックアップ装置用の対物レンズとして特許文献1に記載されている対物レンズを提案した。

【特許文献1】

特開 2002-82280号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、BDではDVDよりも薄い保護層（BD：0.1mm、DVD：0.6mm）が情報記録面上に形成されるため、0.1mm（BD）の保護層に対して球面収差が補正された対物レンズにおいて保護層を0.6mm（DVD）とすると球面収差が大きく変化してしまい、DVDの情報記録面上に良好なスポットを形成することができない。そこで、上述の特許文献1に記載の対物レンズでは、光学面上に形成された回折構造の波長依存性を利用して、BDとDVDとの保護層の厚さの違いによる球面収差変化を打ち消すことで、それぞれの光ディスクの情報記録面上に良好なスポットを形成することが可能としている。ところが、青紫色半導体レーザと赤色半導体レーザとでは波長差が大きいため、この対物レンズのように、同一次数の回折光を記録及び／又は再生用の光束として利用すると十分な回折効率を得ることができないという問題がある。

【0007】

図1は、回折構造を最適化波長405nmでブレイズ化した場合、500nmでブレイズ化した場合、650nmでブレイズ化した場合の1次回折光の回折効率を示すグラフである。青紫色半導体レーザと赤色半導体レーザの中間波長である500nmでブレイズ化した場合でも、400nm近傍と650nm近傍における回折効率は80%程度しか得られない。このように十分な回折効率を得るこ

とができないと、情報記録面上でのスポット強度が弱くなり記録及び／又は再生特性に悪影響を及ぼすおそれがある。

【0008】

本発明は、上述の各課題を鑑みてなされたものであり、例えばBDやDVDのごとく保護層の厚さが異なり、且つ使用波長の差が大きい2種類の光情報記録媒体をコンパクトに記録及び／又は再生できる光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供することを目的とする。

【0009】

更に本発明は、例えばBDやDVDのごとく保護層の厚さが異なり、且つ使用波長の差が大きい2種類の光情報記録媒体それぞれに対して良好なスポットを形成することが可能であるとともに、それぞれの光情報記録媒体の使用波長において十分な回折効率が得られる光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録媒体を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、第1光源から射出される第1波長 λ_1 の第1光束を集光させることによって厚さ t_1 の第1保護層を有する第1光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行い、第2光源から射出される第2波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の第2光束を集光させることによって厚さ t_2 ($t_2 > t_1$) の第2保護層を有する第2光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、

前記対物レンズは、前記第1光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_1 に対して、前記第2光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_2 がより低次となるように設定された同心円状の複数の輪帯からなる回折構造を少なくとも1つの光学面上に有するとともに、

第1開口数 NA_1 内で良好な波面を形成するように、前記 n_1 次回折光を前記第1保護層を介して前記第1光情報記録媒体の情報記録面上に集光し、第2開口数 NA_2 ($NA_2 < NA_1$) 内で良好な波面を形成するように、前記 n_2 次回折

光を前記第 2 保護層を介して前記第 2 光情報記録媒体の情報記録面上に集光することを特徴とする。

【0011】

上記の構成によれば、屈折レンズとしての作用により前記第 1 保護層と前記第 2 保護層の厚さの違いに起因して変化する球面収差を、回折構造の波長依存性を利用して相殺補正することができる。

【0012】

なお、本明細書において、「光ピックアップ装置用の対物レンズ」とは、狭義には光ピックアップ装置に光情報記録媒体を装填した状態において最も光情報記録媒体側の位置でこれと対向すべく配置される集光作用を有するレンズを指し、広義にはそのレンズとともにアクチュエータによって少なくともその光軸方向に作動可能なレンズを指すものとする。そして、「第 1 開口数 NA_1 」とは第 1 光情報記録媒体の規格で規定されている開口数、或いは第 1 光情報記録媒体に対して第 1 波長 λ_1 に応じ情報の記録及び／又は再生を行うために必要なスポット径を得ることが可能な対物レンズの最も光情報記録媒体側に位置する光学面の開口数を指し、「第 2 開口数 NA_2 」とは第 2 光情報記録媒体の規格で規定されている開口数、或いは第 2 光情報記録媒体に対して第 2 波長 λ_2 に応じ情報の記録及び／又は再生を行うために必要なスポット径を得ることが可能な対物レンズの最も光情報記録媒体側に位置する光学面の開口数を指すものとする。

【0013】

また、本明細書において、「回折構造が形成された光学面」とは、その表面に振幅型、或いは位相型のフレネルゾーンプレートを設けて入射光束を回折させる作用を持たせる光学面のことを指し、本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、同一の光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域を指す。また、回折構造とは、この回折を生じる領域のことを指す。位相型のフレネルゾーンプレートの形状としては、光学面の表面に光軸を中心として略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面を見ると各輪帯が鋸歯状（ブレード型）、或いは階段状（バイナリー型）のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

【0014】

一般に、回折構造からは、0次回折光、±1次回折光、±2次回折光、・・・、と無数の次数の回折光が生じるが、例えば、上述のような断面が鋸歯状となる形状を有するブレード型のフレネルゾーンプレートの場合は、特定の次数の回折効率を他の次数の回折効率よりも高くしたり、場合によっては、特定の1つの次数（例えば、+1次回折光）の回折効率をほぼ100%とするように、このフレネルゾーンプレートの形状を設定することができる。

【0015】

また、本明細書において、「第1開口数NA1内で良好な波面（或いは、スポット）を形成する」とは、第1開口数NA1内で波面収差を測定した際にそのRMS値が $0.07\lambda_1$ 以下となることと等価であり、「第2開口数NA2内で良好な波面（或いは、スポット）を形成する」とは、第2開口数NA2内で波面収差を測定した際にそのRMS値が $0.07\lambda_2$ 以下となることと等価であるものとする。

【0016】

請求項2に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1に記載の発明において、(1)式を満たすことを特徴とするので、異なる光情報記録媒体に対しての使用波長差が(1)式を満たすように比較的大きい場合にも、請求項1に記載の特徴よりそれぞれの使用波長領域において十分な回折効率を得られるため、例えばBDやDVDのごとき保護層の厚さが異なり、且つ使用波長差が大きい光情報記録媒体に対しても良好な記録及び／又は再生特性が得られる。

$$\lambda_2 / \lambda_1 > 1.3 \quad (1)$$

【0017】

請求項3に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1又は2に記載の発明において、(2)、(3)式を満たすことを特徴とする。

$$n_2 = \text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) \quad (2)$$

$$|\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)| < 0.4$$

(3)

但し、 n_1 は2以上10以下の整数であり、 $\text{INT}(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2)$ は λ_1

・ n_1 / λ_2 の値を四捨五入して得られる整数である。

【0018】

次数 n_1 に対して次数 n_2 は、上述の (2) 式及び (3) 式により決定される。それぞれの使用波長領域における回折効率を大きく確保するための次数 n_1 と次数 n_2 の組合せには無限の組合せがあるが、次数が大きくなりすぎると製造誤差により波長がばらついた半導体レーザに対する回折効率が低下するので半導体レーザの選別が必要となってコスト増を招く。そのため、次数 n_1 は 10 以下の整数であるのが好ましい。

【0019】

請求項 4 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 3 に記載の発明において、入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、(4) 式を満たすことを特徴とする。

$$INT(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) > 0 \quad (4)$$

【0020】

ここで、第 1 波長 λ_1 、第 2 波長 λ_2 、次数 n_1 、及び次数 n_2 が上述の (4) 式を満たす場合には、入射光束の長波長方向への変化に対し、第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正不足方向に変化するような依存性を回折構造に持たせることで、それぞれの光情報記録媒体に対して良好なスポットを形成することができる。

【0021】

請求項 5 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 4 に記載の発明において、前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする。図 2 (a) に、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造を有する対物レンズの一例を示す。尚、「段差部」とは、図 2 (a) に示すように、隣接し合うブレード構造の境界における光軸と略同心の略円筒面形状部をいうものとする。又、「段差部が光軸に近い側に位置する」とは、隣接し合うブレード構造の内側のブレード構造を透過する波面よりも、外側のブレード構造を透過する波面の方が位相が遅れるように、隣接し合うブレード

ズ構造の境界近傍において段差が形成されていることを指す。

【0022】

請求項6に記載の光ピックアップ装置は、請求項4又は5に記載の発明において、前記第1波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ2次、4次、6次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第1波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件 ((7) 式) を満足することを特徴とする。

$$-0.20 \leq f_1 / f_D < 0 \quad (7)$$

【0023】

光ピックアップ装置では、通常情報の再生時のレーザ (光源) パワーよりも記録時のレーザ (光源) パワーの方が大きいため、再生から記録に切り替える際に出力変化により半導体レーザの中心波長が瞬時的に数nmとぶ、いわゆるモードホッピング現象を起こす場合がある。かかるモードホッピング現象に起因して発生したフォーカスずれは、その対物レンズをフォーカシング駆動することで除去できるが、かかる対物レンズの色収差が補正されていないと、対物レンズがフォーカシング駆動されるまでの数nsecの間は、フォーカスずれによる記録不良等の不具合が生じる。入射光束の波長変化による対物レンズのフォーカスずれは光源波長が短くなるほど大きくなるので、光源として青紫色半導体レーザを使用するBDでは、入射光束の波長変化による対物レンズのフォーカスずれを適切に補正するのが好ましい。本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、第1波長 λ_1 、第2波長 λ_2 、次数 n_1 、及び次数 n_2 が(4)式を満たす場合には、(7)式を満たすように、第1波長における対物レンズ全系の焦点距離 f_1 に対して回折構造の焦点距離 f_D を決定すると、入射光束の波長変化によ

るフォーカスずれを小さく抑えることが可能となる。

【0024】

請求項7に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項6に記載の発明において、前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする。

【0025】

光軸を含む内側の領域（図2（b）において「第1領域」）に段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を形成し、且つその外側の領域（図2（b）において「第2領域」）に段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造を形成することで、入射光束の波長変化によるフォーカスずれを小さく抑えることが可能となる。ここで、「段差部が光軸から遠い側に位置する」とは、隣接し合うブレード構造の外側のブレード構造を透過する波面よりも、内側のブレード構造を透過する波面の方が位相が遅れるように、隣接し合うブレード構造の境界近傍において段差が形成されていることを指す。

【0026】

請求項8に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項3に記載の発明において、入射光束の波長が長くなった場合の前記第2開口数NA2内における球面収差が補正過剰方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、（8）式を満たすことを特徴とする。

$$\text{INT}(\lambda 1 \cdot n 1 / \lambda 2) - (\lambda 1 \cdot n 1 / \lambda 2) < 0 \quad (8)$$

【0027】

第1波長 $\lambda 1$ 、第2波長 $\lambda 2$ 、次数 $n 1$ 、及び次数 $n 2$ が上述の（8）式を満たす場合には、入射光束の長波長方向への変化に対し、第2開口数NA2内における球面収差が補正過剰方向に変化するような依存性を回折構造に持たせることで、それぞれの光情報記録媒体に対して良好なスポットを形成することができる。

【0028】

請求項 9 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 8 に記載の発明において、前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする。請求項 8 に記載のような回折構造を、ブレード構造として対物レンズの光学面上に形成する場合には、図 2 (c) に示すように段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を有するのが好ましい。

【0029】

請求項 10 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 8 又は 9 に記載の発明において、前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件 ((9) 式) を満足することを特徴とする。

$$0.05 < f_1 / f_D < 0.25 \quad (9)$$

【0030】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、第 1 波長 λ_1 、第 2 波長 λ_2 、次数 n_1 、及び次数 n_2 が (8) 式を満たす場合には、上述の (9) 式を満たすように、第 1 波長における対物レンズ全系の焦点距離 f_1 に対して回折構造の焦点距離 f_D を決定すると、入射光束の波長変化によるフォーカスズレを小さく抑えることが可能となる。

【0031】

請求項 11 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 10 に記載の発明において、前記回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成さ

れた領域と、その外側に段差部が光軸から遠い側に位置するブレイズ構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする。

【0032】

光軸を含む内側の領域（図2（d）において「第1領域」）に段差部が光軸に近い側に位置するブレイズ構造を形成し、且つその外側の領域（図2（d）において「第2領域」）に段差部が光軸から遠い側に位置するブレイズ構造を形成することで入射光束の波長変化によるフォーカスずれを小さく抑えることが可能となる。

【0033】

請求項12に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至11の何れか1項に記載の発明において、（10）、（11）式を満たし、且つ前記次数 n_1 と n_2 との組合せが、 $(n_1, n_2) = (2, 1)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(5, 3)$ 、 $(8, 5)$ のいずれかであることを特徴とする。

$$390\text{ nm} < \lambda_1 < 420\text{ nm} \quad (10)$$

$$640\text{ nm} < \lambda_2 < 670\text{ nm} \quad (11)$$

【0034】

第1波長 λ_1 をBDの使用波長領域である390 nm乃至420 nmとし、第2波長 λ_2 をDVDの使用波長領域である640 nm乃至670 nmとした場合には、次数 n_1 と n_2 の組合せとして、 $(n_1, n_2) = (2, 1)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(5, 3)$ 、 $(8, 5)$ のいずれかを選択すると、それぞれの使用波長領域における回折効率をより大きく確保できる。

【0035】

請求項13に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至12の何れか1項に記載の発明において、正のパワーを有する単レンズ構成を有し、前記第1光源及び前記第2光源側の光学面上に前記回折構造が形成されていることを特徴とする。

【0036】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、正のパワーを有する単レンズの光学面上に回折構造を形成するようにすると、保護層の厚さが異な

り、更に使用波長の差が大きい2種類の光情報記録媒体をコンパクトに記録／及び再生できる光ピックアップ装置用の対物レンズを簡易な構成で実現できる。このとき、光源側の光学面上に回折構造を形成するようにすると、回折作用による球面収差補正の効果を最大限に発揮できるので好ましい。そして、このように正のパワーを有する単レンズの光学面上に回折構造を形成する場合には、回折構造のような微細構造の転写性が高いプラスチックレンズ或いは転移点が400℃以下のガラスレンズとするのが好ましい。

【0037】

請求項14に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至12の何れか1項に記載の発明において、正のパワーを有する単レンズ構成の屈折レンズと、前記屈折レンズの前記第1光源及び前記第2光源側に配置されパワーをほとんど有さない光学素子と、から構成される複合型レンズであって、前記光学素子の少なくとも1つの光学面上に前記回折構造を形成したことを特徴とする。

【0038】

単レンズ構成の開口数が大きい対物レンズの光学面上に回折構造を形成すると、光学面により入射した光束が大きく屈折するので、回折構造の段差部分による光束のけられの影響で光量損失が大きくなる。ここで、対物レンズのパワーを2つのレンズ群に振り分けることで、1つの光学面あたりの光線の屈折を小さくして回折構造の段差部分による光束のけられの影響を小さくすることができるが、開口数の大きい2群構成のレンズは、作動距離が小さくなりがちであるのでDVDのごとき保護層の厚い光情報記録媒体に対する作動距離を確保することができない。そこで、回折構造の段差部分による光束のけられの影響を小さくし、且つ保護層の厚い光情報記録媒体に対する作動距離を十分に確保するためには、本発明のように、光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、正のパワーを有し単レンズ構成の屈折レンズと、屈折レンズの光束入射面側に配置されパワーをほとんど有さない光学素子とから構成される複合型レンズとするのが好ましい。この構成によると、光情報記録媒体に光束を集光させる集光レンズとしての機能を専ら屈折レンズに持たせることで、保護層の厚い光情報記録媒体に対する作動距離を十分に確保できるとともに、パワーをほとんど有さない光学素子に回折構造を

形成することで、回折構造の段差部分による光束のけられの影響を小さくできる。ここで、「パワーをほとんど有さない光学素子」とは、屈折レンズの第1波長 λ_1 における焦点距離を f_{L1} (mm)とし、屈折レンズの第1光源及び第2光源側に配置される光学素子の第1波長 λ_1 における焦点距離を f_{L2} (mm)としたとき、以下の条件式

$$0 \leq |f_{L1} / f_{L2}| \leq 0.2$$

を満たす光学素子を指す。

【0039】

請求項15に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項14に記載の発明において、前記屈折レンズは前記第1保護層の厚さに応じて前記第1波長に対して球面収差が最小となるように最適化されていることを特徴とする。前記屈折レンズが前記第1保護層の厚さに応じて前記第1波長に対して球面収差が最小となるように最適化されていると、前記回折構造が形成された光学素子との組合せにおいてより高性能とすることができる。

【0040】

請求項16に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至15の何れか1項に記載の発明において、(12)、(13)式を満たすことを特徴とする。

$$NA_1 > 0.8 \quad (12)$$

$$0.8 < d / f_1 < 1.6 \quad (13)$$

但し、 d は光軸上のレンズ厚さであり、 f_1 は前記第1波長 λ_1 における全系の焦点距離である。

【0041】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、前記第1開口数 NA_1 が0.8より大きい((12)式を満たす)場合、光軸上のレンズ厚さ d は第1波長 λ_1 における焦点距離 f_1 に対して上述の(13)式を満たすように決定されるのが好ましい。(13)式は良好な像高特性、十分な製造公差、及び十分な作動距離を確保するための条件であり、前記第1波長 λ_1 における焦点距離 f_1 に対する光軸上のレンズ厚さ d の値が(13)式の下限より大きいと、像高

特性を波面収差で評価したときの 3 次非点収差成分が大きくなりすぎず、5 次以上の高次コマ収差成分が大きくなりすぎない。一方、前記第 1 波長 λ_1 における焦点距離 f_1 に対する光軸上のレンズ厚さ d の値が (13) 式の上限より小さいと、像高特性を波面収差で評価したときの 3 次球面収差成分、5 次非点収差成分、3 次コマ収差成分、及び非点隔差が大きくなりすぎないという利点がある。さらに、光源側の光学面の曲率半径が小さくなりすぎないので、光学面同士の光軸ずれによるコマ収差の発生を抑制でき、十分な製造公差を確保できる。また、レンズ厚さが大きくなりすぎないので、レンズを軽量とすることができ、より小型のアクチュエータでの駆動が可能となるとともに、作動距離を十分に確保することができる。ここで、本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、請求項 14 に記載されているような構成を有する場合には、(13) 式における光軸上のレンズ厚さ d とは、屈折レンズの光軸上のレンズ厚さを指し、(13) 式における第 1 波長 λ_1 における焦点距離 f_1 とは、屈折レンズの第 1 波長 λ_1 における焦点距離を指すものとする。

【0042】

請求項 17 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 1 乃至 16 の何れか 1 項に記載の発明において、前記第 2 開口数 NA_2 より外側の領域を通過して前記第 2 情報記録媒体の情報記録面に到達した前記第 2 光束は、前記第 1 開口数 NA_1 内において $0.07\lambda_2 \text{ RMS}$ 以上の球面収差を有することを特徴とする。

【0043】

例えば BD や DVD のように開口数が互いに異なる光情報記録媒体では、それぞれの開口数に応じて絞りを切り替える必要がある。これに対して、それぞれの開口数に対応した絞りを用意して機械的にこれらを切り替える方法と、第 1 波長 λ_1 は透過させ、第 2 波長 λ_2 は遮断するような波長選択コートを光学面上に形成する方法とがあるが、いずれの場合も光ピックアップ装置のコスト上昇を招来するので好ましくない。そこで、本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、光学面の領域の内、前記第 1 情報記録媒体に対する記録及び／又は再生にのみ使用される前記第 2 開口数 NA_2 より外側の領域を、前記第 1 保護層

の厚さに応じて前記第 1 波長に対して球面収差が最小となるように最適化し、且つ前記第 2 保護層の厚さに応じて前記第 2 波長に対して大きな球面収差を持つようにするのが好ましい。この構成によると、前記第 2 開口数 NA_2 より外側の領域を通過して前記第 2 情報記録媒体の情報記録面に到達した前記第 2 光束は、前記第 1 開口数 NA_1 内において 0.07λ 2 RMS 以上の球面収差を有しスポットの形成に寄与しないので、第 2 開口数 NA_2 に応じて自動的に絞りが切り替えられたことと等価となる。

【0044】

請求項 18 に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項 1 乃至 17 の何れか 1 項に記載の発明において、前記第 1 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第 1 結像倍率 m_1 と、前記第 2 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第 2 結像倍率 m_2 とが互いに異なり、(14) 式を満たすことを特徴とする。

$$m_1 > m_2 \quad (14)$$

【0045】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズでは、前記第 1 保護層と前記第 2 保護層の厚さの違いに起因して変化する球面収差を、回折構造の波長依存性を利用して相殺補正するため、球面収差の波長依存性が大きく、製造誤差により波長がばらついた半導体レーザを光源とする場合、それに対して球面収差が容易に変化する。そこで、本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、前記第 2 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の前記第 2 結像倍率 m_2 を、前記第 1 光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の前記第 1 結像倍率 m_1 よりも小さくなるようにするのが好ましい。この構成によると、前記第 2 結像倍率 m_2 を前記第 1 結像倍率 m_1 より小さく設定することで、前記回折構造が補正すべき球面収差量が低減され前記回折構造の波長依存性が小さくなるので、前記対物レンズの球面収差の波長依存性を良好に改善することができる。特に、前記第 1 光情報記録媒体に対しては略平行光束が入射するようにし、且つ前記第 2 光情報記録媒体に対しては発散光束が入射するようにすると、保護層の厚い前記第 2 情報記録媒体に対する作動距離の確保とい

う観点からも有利となるので好ましい。

【0046】

請求項19に記載の光ピックアップ装置用の対物レンズは、請求項1乃至18の何れか1項に記載の発明において、前記対物レンズの光学面を前記第2開口数NA2より内側に対応した中央領域と、該中央領域を囲み前記第2開口数NA2より外側の周辺領域との2つの領域に分割した場合に、前記回折構造は前記中央領域にのみ形成され、前記周辺領域は前記回折構造が形成されない連続面であることを特徴とする。

【0047】

以上の構成によると、前記中央領域を前記屈折レンズとしての作用と前記回折構造の波長依存性とを合わせることで、それぞれの光情報記録媒体に対して良好な波面を形成するように最適化し、且つ周辺領域の連続面を前記第1保護層の厚さに応じて前記第1波長に対して球面収差が最小となるように最適化することで、それぞれの光情報記録媒体の情報記録面上に良好なスポットを形成することができる。

【0048】

請求項20に記載の光ピックアップ装置は、第1光源と、第2光源と、前記第1光源から射出される第1波長 λ_1 の第1光束を集光させることによって厚さ t_1 の第1保護層を有する第1光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行い、前記第2光源から射出される第2波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の第2光束を集光させることによって厚さ t_2 ($t_2 > t_1$) の第2保護層を有する第2光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う対物レンズとを有する光ピックアップ装置において、

前記対物レンズは、前記第1光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_1 に対して、前記第2光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_2 がより低次となるように設定された同心円状の複数の輪帯からなる回折構造を少なくとも1つの光学面上に有するとともに、

前記対物レンズは、第1開口数NA1内で良好な波面を形成するように、前記

n 1 次回折光を前記第 1 保護層を介して前記第 1 光情報記録媒体の情報記録面上に集光し、第 2 開口数 NA 2 ($NA\ 2 < NA\ 1$) 内で良好な波面を形成するように、前記 n 2 次回折光を前記第 2 保護層を介して前記第 2 光情報記録媒体の情報記録面上に集光することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 1 に記載の発明と同様である。

【0049】

請求項 21 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 に記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$\lambda\ 2 / \lambda\ 1 > 1.3 \quad (1)$$

本発明の作用効果は、請求項 2 に記載の発明と同様である。

【0050】

請求項 22 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 又は 21 に記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$n\ 2 = INT(\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2) \quad (2)$$

$$|INT(\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2) - (\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2)| < 0.4$$

(3)

但し、n 1 は 2 以上 10 以下の整数であり、 $INT(\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2)$ は $\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2$ の値を四捨五入して得られる整数である。

本発明の作用効果は、請求項 3 に記載の発明と同様である。

【0051】

請求項 23 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 22 に記載の発明において、入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA 2 内における球面収差が補正不足方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、次式を満たすことを特徴とする。

$$INT(\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2) - (\lambda\ 1 \cdot n\ 1 / \lambda\ 2) > 0 \quad (4)$$

本発明の作用効果は、請求項 4 に記載の発明と同様である。

【0052】

請求項 24 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 23 に記載の発明において、前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸に近

い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 5 に記載の発明と同様である。

【0053】

請求項 25 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 23 または 24 に記載の発明において、前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする。

$$-0.20 \leq f_1 / f_D < 0 \quad (7)$$

本発明の作用効果は、請求項 6 に記載の発明と同様である。

【0054】

請求項 26 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 25 に記載の発明において、前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成された領域と、から構成されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 7 に記載の発明と同様である。

【0055】

請求項 27 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 22 に記載の発明において、前記対物レンズが、入射光束の波長が長くなった場合の前記第 2 開口数 NA_2 内における球面収差が補正過剰方向に変化するような球面収差の波長依存性を有するとともに、次式を満たすことを特徴とする。

$$INT(\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) - (\lambda_1 \cdot n_1 / \lambda_2) < 0 \quad (8)$$

本発明の作用効果は、請求項 7 に記載の発明と同様である。

【0056】

請求項 28 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 27 に記載の発明において、前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であり、段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 8 に記載の発明と同様である。

【0057】

請求項 29 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 27 又は 28 に記載の発明において、前記第 1 波長 λ_1 が前記回折構造に入射した際に透過波面に付加される光路差を光軸からの高さ h (mm) の関数として、

$$\Phi_b = n_1 \cdot (B_0 + B_2 \cdot h^2 + B_4 \cdot h^4 + B_6 \cdot h^6 + \dots) \quad (5)$$

により定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表すとき (ただし、 B_2 、 B_4 、 B_6 、……はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である)、

$$f_D = 1 / (-2 \cdot n_1 \cdot B_2) \quad (6)$$

で定義される前記回折構造の焦点距離 f_D (mm) と前記第 1 波長 λ_1 における前記対物レンズ全系の焦点距離 f_1 (mm) とが以下の条件を満足することを特徴とする。

$$0.05 < f_1 / f_D < 0.25 \quad (9)$$

本発明の作用効果は、請求項 9 に記載の発明と同様である。

【0058】

請求項 30 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 に記載の発明において、前記対物レンズの回折構造は鋸歯状のブレード構造であって、前記回折構造が形成された光学面は、段差部が光軸に近い側に位置するブレード構造が形成された領域と、その外側に段差部が光軸から遠い側に位置するブレード構造が形成されたこと領域と、から構成されることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 10 に記載の発明と同様である。

【0059】

請求項 31 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 乃至 30 のいずれか 1

項に記載の発明において、次式を満たし、且つ前記次数 n_1 と n_2 との組合せが、 $(n_1, n_2) = (2, 1)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(5, 3)$ 、 $(8, 5)$ のいずれかであることを特徴とする。

$$390\text{ nm} < \lambda_1 < 420\text{ nm} \quad (10)$$

$$640\text{ nm} < \lambda_2 < 670\text{ nm} \quad (11)$$

本発明の作用効果は、請求項 11 に記載の発明と同様である。

【0060】

請求項 32 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 乃至 31 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記対物レンズが、正のパワーを有する単レンズ構成を有し、前記第 1 光源及び前記第 2 光源側の光学面上に前記回折構造が形成されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 12 に記載の発明と同様である。

【0061】

請求項 33 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 乃至 31 のいずれか 1 項に記載の発明において、前記対物レンズが、正のパワーを有する単レンズ構成の屈折レンズと、前記屈折レンズの前記第 1 光源及び前記第 2 光源側に配置されパワーをほとんど有さない光学素子と、から構成される複合型レンズであって、前記光学素子の少なくとも 1 つの光学面上に前記回折構造を形成したことを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 13 に記載の発明と同様である。

【0062】

請求項 34 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 33 に記載の発明において、前記屈折レンズは前記第 1 保護層の厚さに応じて前記第 1 波長に対して球面収差が最小となるように最適化されていることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項 14 に記載の発明と同様である。

【0063】

請求項 35 に記載の光ピックアップ装置は、請求項 20 乃至 34 のいずれか 1 項に記載の発明において、次式を満たすことを特徴とする。

$$NA_1 > 0.8 \quad (12)$$

$$0.8 < d/f_1 < 1.6 \quad (13)$$

但し、 d は光軸上のレンズ厚さであり、 f_1 は前記第1波長 λ_1 における全系の焦点距離である。本発明の作用効果は、請求項15に記載の発明と同様である。

【0064】

請求項36に記載の光ピックアップ装置は、請求項20乃至35のいずれか1項に記載の発明において、前記第2開口数 NA_2 より外側の領域を通過して前記第2情報記録媒体の情報記録面に到達した前記第2光束は、前記第1開口数 NA_1 内において $0.07\lambda_2\text{RMS}$ 以上の球面収差を有することを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項16に記載の発明と同様である。

【0065】

請求項37に記載の光ピックアップ装置は、請求項20乃至36のいずれか1項に記載の発明において、前記第1光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第1結像倍率 m_1 と、前記第2光情報記録媒体に対する情報の再生及び／又は記録を行う際の第2結像倍率 m_2 とが互いに異なり、次式を満たすことを特徴とする。

$$m_1 > m_2 \quad (14)$$

本発明の作用効果は、請求項17に記載の発明と同様である。

【0066】

請求項38に記載の光ピックアップ装置は、請求項20乃至37のいずれか1項に記載の発明において、前記対物レンズの光学面を前記第2開口数 NA_2 より内側に対応した中央領域と、該中央領域を囲み前記第2開口数 NA_2 より外側の周辺領域との2つの領域に分割した場合に、前記回折構造は前記中央領域にのみ形成され、前記周辺領域は前記回折構造が形成されない連続面であることを特徴とする。本発明の作用効果は、請求項18に記載の発明と同様である。

【0067】

請求項39に記載の光情報記録再生装置は、請求項20乃至38の何れか1項に記載の光ピックアップ装置と、前記光ピックアップ装置による情報信号の記録及び／又は再生が可能に前記第1光情報記録媒体又は前記第2光情報記録媒体を支持する光情報記録媒体支持手段とを備えたことを特徴とする。

【0068】

本明細書中において、第1光情報記録媒体とは、例えば青紫色レーザを光源とするBD系の光ディスクをいい、第2光情報記録媒体とは、再生専用を用いるDVD-ROM, DVD-Videoの他、再生／記録を兼ねるDVD-RAM, DVD-R, DVD-RW等の各種DVD系の光ディスクを含むものである。更に、本明細書中で第1光情報記録媒体として、保護層の厚さ $t_1 = 0$ の場合、すなわち保護層を有さない光情報記録媒体を含めてもよい。

【0069】

【発明の実施の形態】

本発明による光ピックアップ装置用の対物レンズを搭載した光ピックアップ装置の実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。尚、以下の光ピックアップ装置PU1～PU3に、光情報記録媒体支持手段を加えたものが光情報記録再生装置となる。図3(a)は、本発明による光ピックアップ装置用の第1の対物レンズOBJ1を搭載し、BDとDVDとをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第1の光ピックアップ装置PU1の構成を概略的に示す図である。光ピックアップ装置PU1は、BDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合に発光され405nmのレーザ光束を射出する青紫色半導体レーザLD1と光検出器PD1とが一体化されたBD用モジュールMD1、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合に発光され655nmのレーザ光束を射出する赤色半導体レーザLD2と光検出器PD2とが一体化されたDVD用モジュールMD2、対物レンズOBJ1、偏光ビームスプリッタBS、コリメートレンズCOL、BDの開口数0.85に対応した絞りSTO、及び2軸アクチュエータACとから構成されている。なお、青紫色半導体レーザLD1としては、窒化ガリウム材料により構成された半導体レーザ、或いは第2次高調波発生を利用する半導体レーザの何れかを使用することができる。

【0070】

対物レンズOBJ1の半導体レーザ側の光学面上には、対物レンズOBJ1の一部拡大図3(b)に示すように、同心円状の複数の輪帯からなる回折構造が形成されている。この回折構造の波長依存性を利用して、BDの保護層とDVDの保護層の厚さの違いに起因して変化する球面収差を補正するので、BDに対して

は青紫色半導体レーザLD1からの光束を開口数0.85内で、且つDVDに対しては赤色半導体レーザLD2からの光束を開口数0.65内で回折限界内となるように集光できる。さらに、この回折構造は、青紫色半導体レーザLD1からの光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数n1に対して、赤色半導体レーザLD2からの光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数n2がより低次となるように決定されているので、それぞれの波長領域において十分な回折効率を得ることができる。また、対物レンズOBJ1の半導体レーザ側の光学面において、開口数0.65乃至0.85の周辺領域はBDに対して球面収差が最小となるように最適化し、且つDVDに対して大きな球面収差を持つようにされている。DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、この周辺領域は絞りと同様の働きをするので、対物レンズOBJ1を搭載した光ピックアップ装置PU1においては、BDとDVDとに対応する絞りの切り替えは不要であり、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、赤色半導体レーザLD2からの光束をBDに対応する絞りSTOをすべて通過させることができる。なお、図3(a)では赤色半導体レーザLD2から射出されBDに対応する絞りSTOをすべて通過して対物レンズOBJ1に入射する光束のうち、開口数0.65に相当する光線の光束のみを描いており、これは、後述する図4及び図5においても同様である。

【0071】

また、対物レンズOBJ1は、光軸に対し垂直に延びた面を持つフランジ部FLを有し、このフランジ部FLにより対物レンズOBJ1を光ピックアップ装置PU1に精度よく取り付けることができる。

【0072】

光ピックアップ装置PU1において、BDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、BD用モジュールMD1を作動させて青紫色半導体レーザLD1を発光させる。青紫色半導体レーザLD1から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタBSを透過し、コリメートレンズCOLを経て平行光束となった後、絞りSTOにより光束径が規制され、対物レンズOBJ1によってBDの保

護層 P L 1 を介して情報記録面 R L 1 上に形成されるスポットとなる。対物レンズ O B J 1 は、その周辺に配置された 2 軸アクチュエータ A C によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面 R L 1 で情報ビットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ O B J 1、絞り S T O、及びコリメートレンズ C O L を透過した後、収斂光束となり偏光ビームスプリッタ B S を透過した後、B D 用モジュール M D 1 の光検出器 P D 1 の受光面上に収束する。そして、光検出器 P D 1 の出力信号を用いて B D に記録された情報を読み取ることができる。

【0073】

また、光ピックアップ装置 P U 1 において、D V D に対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、D V D 用モジュール M D 2 を作動させて赤色半導体レーザー L D 2 を発光させる。赤色半導体レーザー L D 2 から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタ B S により反射され、コリメートレンズ C O L を経て平行光束となった後、絞り S T O により光束径が規制され、対物レンズ O B J 1 によって D V D の保護層 P L 2 を介して情報記録面 R L 2 上に形成されるスポットとなる。対物レンズ O B J 1 は、その周辺に配置された 2 軸アクチュエータ A C によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面 R L 2 で情報ビットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ O B J 1、絞り S T O、及びコリメートレンズ C O L を透過した後、収斂光束となり偏光ビームスプリッタ B S により反射された後、D V D 用モジュール M D 2 の光検出器 P D 2 の受光面上に収束する。そして、光検出器 P D 2 の出力信号を用いて D V D に記録された情報を読み取ることができる。

【0074】

図 4 は、本発明による光ピックアップ装置用の第 2 の対物レンズ O B J 2 を搭載し、B D と D V D とをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第 2 の光ピックアップ装置 P U 2 の構成を概略的に示す図である。

【0075】

対物レンズ O B J 2 の構成は、赤色半導体レーザー L D 2 からの発散光束を入射するようにしたこと以外は、光ピックアップ装置 P U 1 における対物レンズ O B

J 1と同様の構成を有するので、詳細な説明は割愛する

【0076】

光ピックアップ装置PU2において、BDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、BD用モジュールMD1を作動させて青紫色半導体レーザLD1を発光させる。青紫色半導体レーザLD1から射出された発散光束は、コリメートレンズCOLを経て平行光束となった後、偏光ビームスプリッタBSを透過し、絞りSTOにより光束径が規制され、対物レンズOBJ1によってBDの保護層PL1を介して情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。対物レンズOBJ1は、その周辺に配置された2軸アクチュエータACによってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面RL1で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ1、絞りSTO、偏光ビームスプリッタBS、及びコリメートレンズCOLを透過した後、収斂光束となりBD用モジュールMD1の光検出器PD1の受光面上に収束する。そして、光検出器PD1の出力信号を用いてBDに記録された情報を読み取ることができる。

【0077】

また、光ピックアップ装置PU2において、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、DVD用モジュールMD2を作動させて赤色半導体レーザLD2を発光させる。赤色半導体レーザLD2から射出された発散光束は、偏光ビームスプリッタBSにより反射された後、絞りSTOにより光束径が規制され、対物レンズOBJ1によってDVDの保護層PL2を介して情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。対物レンズOBJ1は、その周辺に配置された2軸アクチュエータACによってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ1、及び絞りSTOを通過し、偏光ビームスプリッタBSにより反射された後、収斂光束となりDVD用モジュールMD2の光検出器PD2の受光面上に収束する。そして、光検出器PD2の出力信号を用いてDVDに記録された情報を読み取ることができる。

【0078】

図5(a)は、本発明による光ピックアップ装置用の第3の対物レンズOBJ

3を搭載し、BDとDVDとをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第3の光ピックアップ装置PU3の構成を概略的に示す図である。光ピックアップ装置PU3は、光ピックアップ装置PU1におけるBD用モジュールMD1とDVD用モジュールMD2とが一体化されたレーザモジュールLM（図5（b）にその正面図を示す）、対物レンズOBJ1、BDの開口数0.85に対応した絞りSTO、及び2軸アクチュエータACとから構成されている

【0079】

レーザモジュールLMは、BDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合に発光され405nmのレーザ光束を射出する第1の発光点EP1、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合に発光され655nmのレーザ光束を射出する第2の発光点EP2、BDの情報記録面RL1からの反射光束を受光する第1の受光部DS1、DVDの情報記録面RL2からの反射光束を受光する第2の受光部DS2、及びプリズムPSとから構成されており、発光点EP1と発光点EP2との間隔は約100 μ mである。

【0080】

対物レンズOBJ3の構成は、発光点EP1及び発光点EP2からの発散光束を入射するようにしたこと以外は、光ピックアップ装置PU1における対物レンズOBJ1と同様の構成を有するので詳細な説明は割愛する

【0081】

光ピックアップ装置PU3において、BDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、発光点EP1を発光させる。発光点EP1から射出された発散光束は、プリズムPSで反射され絞りSTOにより光束径が規制された後、対物レンズOBJ3によってBDの保護層PL1を介して情報記録面RL1上に形成されるスポットとなる。対物レンズOBJ3は、その周辺に配置された2軸アクチュエータACによってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面RL1で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ3、絞りSTOを透過した後、プリズムPS内部で2回反射され受光部DS1に集光する。そして、受光部DS1の出力信号を用いてBDに記録された情報を読み取ることができる。

【0082】

光ピックアップ装置PU3において、DVDに対して情報の記録及び／又は再生を行う場合には、発光点EP2を発光させる。発光点EP2から射出された発散光束は、プリズムPSで反射され絞りSTOにより光束径が規制された後、対物レンズOBJ3によってDVDの保護層PL2を介して情報記録面RL2上に形成されるスポットとなる。対物レンズOBJ3は、その周辺に配置された2軸アクチュエータACによってフォーカス制御およびトラッキング制御される。情報記録面RL2で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズOBJ3、絞りSTOを透過した後、プリズムPS内部で2回反射され受光部DS2に集光する。そして、受光部DS2の出力信号を用いてDVDに記録された情報を読み取ることができる。

【0083】

なお、上述した光ピックアップ装置PU1乃至PU3では、対物レンズOBJ1乃至OBJ3を何れも単レンズ構成としたが、正のパワーを有する単レンズ構成の屈折レンズと、屈折レンズの半導体レーザ側に配置されパワーをほとんど有さない光学素子とから構成され、この光学素子の光学面上に回折構造を形成した複合型レンズを、対物レンズOBJ1乃至OBJ3として使用してもよい。かかる複合型レンズを対物レンズOBJ1乃至OBJ3として使用する場合には、良好なトラッキング特性を得るために屈折レンズと回折構造が形成された光学素子を鏡枠やフランジ部同士の接着等により一体化し、アクチュエータACにより一体となってトラッキング駆動させるのが好ましい。

【0084】

(実施例)

次に、上述した対物レンズOBJ1乃至OBJ3として好適な実施例を6例提示する。何れの実施例も0.1mmの厚さの保護層を有し青紫色半導体レーザにより情報の記録及び／又は再生を行うBDと、0.6mmの厚さの保護層を有し赤色半導体レーザにより情報の記録及び／又は再生を行うDVDに兼用される光ピックアップ装置用の対物レンズである。

【0085】

各実施例における非球面は、その面の頂点に接する平面からの変形量を X (mm)、光軸に垂直な方向の高さを h (mm)、曲率半径を r (mm) とするとき、次の数 1 で表される。ただし、 κ を円錐係数、 A_{2i} を非球面係数とする。

【数 1】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2}^{10} A_{2i} h^{2i}$$

【0086】

また、各実施例における回折構造は、この回折構造により透過波面に付加される光路差で表される。かかる光路差は、光軸に垂直な方向の高さを h (mm)、 B_{2j} を光路差関数係数、 n を BD 使用時の第 1 波長 λ_1 が入射した場合に発生する最大の光量を有する回折次数とすると、次の数 2 で定義される光路差関数 Φ_b (mm) で表される。

【数 2】

$$\Phi_b = n \times \sum_{j=0}^5 B_{2j} h^{2j}$$

【0087】

また、各実施例のレンズデータ表において、 f_1 は BD 使用時の第 1 波長 λ_1 における全系の焦点距離、 NA_1 は BD 使用時の第 1 開口数、 λ_1 は BD 使用時の設計波長である第 1 波長、 m_1 は BD 使用時の第 1 結像倍率、 n_1 は第 1 波長 λ_1 が入射した場合に発生する最大の光量を有する回折光の次数、 f_2 は DVD 使用時の第 2 波長 λ_2 における全系の焦点距離、 NA_2 は DVD 使用時の第 2 開口数、 λ_2 は DVD 使用時の設計波長である第 2 波長、 m_2 は DVD 使用時の第 2 結像倍率、 n_2 は第 2 波長 λ_2 が入射した場合に発生する最大の光量を有する回折光の次数、 r (mm) は曲率半径、 d (mm) は面間隔、 N_{λ_1} は第 1 波長 λ_1 における屈折率、 N_{λ_2} は第 2 波長 λ_2 における屈折率、 ν_d は d 線におけるアッペ数を表す。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10 のべ

き乗数（例えば 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば $2.5 \times E^{-3}$ ）を用いて表すものとする。

【0088】

[実施例 1]

図 6（a）は、実施例 1 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図であり、図 6（b）は実施例 1 にかかる対物レンズと DVD とを示すレンズ断面図である。実施例 1 の対物レンズは上述の対物レンズ OBJ 1 として好適なプラスチックレンズであり、その具体的なレンズデータは表 1 に示されている。

【表 1】

f1=1.7546, NA1=0.85, λ 1=405nm, m1=0, n1=3, d2=0.5428, d3=0.1
 f2=1.8082, NA2=0.65, λ 2=655nm, m2=0, n2=2, d2=0.2700, d3=0.6

面番号	r(mm)	d(mm)	N λ 1	N λ 2	ν d
0	—	∞	—	—	—
1	r1	2.0400	1.5601	1.5407	56.3
2	-2.8092	d2	—	—	—
4	∞	d3	1.6195	1.5772	30.0
5	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 2 面
	$0 \leq h < 1.1650$	$1.1650 \leq h$	
r1	1.1179	1.1390	—
K	-8.7876E-01	-7.8368E-01	-125.3677
A4	4.8086E-03	2.0858E-03	0.1980E+00
A6	-9.0335E-03	-5.0271E-03	-0.3171E+00
A8	-3.8995E-03	-2.2755E-03	0.3199E+00
A10	2.6971E-03	2.0829E-03	-0.2820E+00
A12	-3.4114E-04	-1.2169E-04	0.1660E+00
A14	-1.4437E-03	-4.7833E-05	-0.4215E-01
A16	4.7101E-04	1.8426E-04	0
A18	5.7541E-05	6.7720E-05	0
A20	-3.1063E-05	-4.8016E-05	0

光路差関数係数

λ B	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.1650$	$1.1650 \leq h$
	410nm	405nm
B0	0	0
B2	0	0
B4	-6.9918E-03	-7.9243E-03
B6	-2.5723E-03	-1.2285E-03
B8	8.9350E-05	9.8823E-05
B10	-1.0047E-04	2.8095E-04

【 0 0 8 9 】

実施例 1 の対物レンズでは、表 1 に光路差関数を示すような回折構造が第 1 面の全面に形成されており、第 2 開口数 0.65 より内側（光軸からの高さが 0 ～ 1.165 mm までの領域）の中央領域では波長 410 nm で最適化され、第 2 開口数 0.65 より外側（光軸からの高さが 1.165 mm から外側の領域）の周辺領域では波長 405 nm で最適化されている。上記の構成によると、中央領域における第 1 波長に対する 3 次回折光の回折効率 は 99.6%、第 2 波長に対する 2 次回折光の回折効率 は 95.2% となり、周辺領域における第 1 波長に対する 3 次回折光の回折効率 は 100.0% となり、何れも高い回折効率を確保できる。

【0090】

図 7 は、実施例 1 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図 7 (a) は BD 使用時に相当する 410 nm, 405 nm, 400 nm における球面収差、図 7 (b) は DVD 使用時に相当する 660 nm, 655 nm, 650 nm における球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例 1 の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用により BD 使用時には第 1 開口数 0.85 内で球面収差が良好に補正され、DVD 使用時には第 2 開口数 0.65 内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の (4) 式を満たすので、設計波長である 405 nm 及び 655 nm に対して入射する波長が長くなった場合の 410 nm 及び 660 nm における球面収差は第 2 開口数 0.65 内で補正不足となっている。

【0091】

図 8 は、DVD 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。DVD 使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから 20 μ m 以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、赤色半導体レーザ LD 2 からの光束を BD に対応する絞リ S TO をすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、光検出器 PD 2 の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0092】

[実施例 2]

図 9 (a) は、実施例 2 にかかる対物レンズと B D とを示すレンズ断面図であり、図 9 (b) は実施例 2 にかかる対物レンズと D V D とを示すレンズ断面図である。実施例 2 の対物レンズは上述の対物レンズ O B J 1 として好適なプラスチックレンズであり、その具体的なレンズデータは表 2 に示されている。

【表 2】

$f1=2.0000$, $NA1=0.85$, $\lambda 1=405nm$, $m1=0$, $n1=2$, $d2=0.5362$, $d3=0.1$
 $f2=2.0871$, $NA2=0.65$, $\lambda 2=650nm$, $m2=0$, $n2=1$, $d2=0.3257$, $d3=0.6$

面番号	r(mm)	d(mm)	$N \lambda 1$	$N \lambda 2$	νd
0	—	∞	—	—	—
1	r1	d1	1.5247	1.5066	56.5
2	-1.9804	d2	—	—	—
4	∞	d3	1.6195	1.5776	30.0
5	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 2 面
	$0 \leq h < 1.3550$	$1.3550 \leq h$	
d1	2.5400	2.5745	—
r1	1.5561	1.3982	—
κ	-3.8729E-01	-6.9268E-01	-40.4056
A4	2.0930E-02	6.1234E-03	0.1538E+00
A6	3.1841E-03	-2.2845E-03	-0.9219E-01
A8	5.8984E-06	3.4751E-03	-0.1220E-01
A10	6.1398E-04	4.5411E-04	0.3346E-01
A12	7.5415E-04	-5.2187E-04	-0.1245E-01
A14	-6.3147E-04	7.3534E-05	0.1685E-02
A16	2.7759E-04	-1.1581E-05	-0.4878E-04
A18	-4.9638E-05	3.0175E-05	0
A20	4.4265E-06	-6.4979E-06	0

光路差関数係数

	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.3550$	$1.3550 \leq h$
λB	380nm	405nm
B0	0	0
B2	-1.9611E-02	0
B4	3.9432E-03	-6.8013E-03
B6	1.1898E-04	-1.4070E-03
B8	-4.3777E-05	1.0314E-03
B10	1.1434E-04	-1.1499E-04

【0 0 9 3】

実施例 2 の対物レンズでは、表 2 に光路差関数を示すような回折構造が第 1 面の全面に形成されており、第 2 開口数 0.65 より内側（光軸からの高さが 0 ～ 1.355 mm までの領域）の中央領域では波長 380 nm で最適化され、第 2 開口数 0.65 より外側（光軸からの高さが 1.355 mm から外側の領域）の周辺領域では波長 405 nm で最適化されている。上記の構成によると、中央領域における第 1 波長に対する 2 次回折光の回折効率 は 95.1%、第 2 波長に対する 1 次回折光の回折効率 は 90.9% となり、周辺領域における第 1 波長 λ_1 に対する 2 次回折光の回折効率 は 100.0% となり、何れも高い回折効率を確保できる。

【0094】

図 10 は、実施例 2 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図 10 (a) は BD 使用時に相当する 410 nm, 405 nm, 400 nm における球面収差、図 10 (b) は DVD 使用時に相当する 655 nm, 650 nm, 645 nm における球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例 2 の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用により BD 使用時には第 1 開口数 0.85 内で球面収差が良好に補正され、DVD 使用時には第 2 開口数 0.65 内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の (8) 式を満たすので、設計波長である 405 nm 及び 650 nm に対して入射する波長が長くなった場合の 410 nm 及び 655 nm における球面収差は第 2 開口数 0.65 内で補正過剰となっている。

【0095】

また、実施例 2 の対物レンズでは、第 1 波長における全系の焦点距離に対して、上述の (9) 式を満たすように、中央領域に形成された回折構造の焦点距離を 12.755 mm に設定した。この結果、405 nm から 406 nm への入射光束の波長変化に対して発生するデフォーカス成分は、0.001 λ RMS に抑えられ、BD に対する再生から記録への切り替えの際に青紫色半導体レーザがモードホッピング現象を起こした場合でも集光性能を維持することができる。

【0096】

図 11 は、DVD 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるス

ポットダイアグラムを示す図である。DVD使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから $30\mu\text{m}$ 以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、赤色半導体レーザLD2からの光束をBDに対応する絞りSTOをすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、光検出器PD2の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0097】

[実施例3]

図12(a)は、実施例3にかかる対物レンズとBDとを示すレンズ断面図であり、図12(b)は実施例3にかかる対物レンズとDVDとを示すレンズ断面図である。実施例3の対物レンズは上述の対物レンズOBJ1として好適なガラスレンズであり、その具体的なレンズデータは表3に示されている。実施例3の対物レンズでは、一般のモールド成型用ガラスよりも転移点が低いガラスであるPG325（商品名、住田光学社製）を使用した。

【表 3】

f1=1.7647, NA1=0.85, λ 1=405nm, m1=0, n1=3, d2=0.5061, d3=0.1
 f2=1.8113, NA2=0.65, λ 2=655nm, m2=0, n2=2, d2=0.2400, d3=0.6

面番号	r(mm)	d(mm)	N λ 1	N λ 2	ν d
0	—	∞	—	—	—
1	r1	d1	1.5187	1.5045	70.5
2	-1.6241	d2	—	—	—
4	∞	d3	1.6195	1.5772	30.0
5	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 2 面
	$0 \leq h < 1.1650$	$1.1650 \leq h$	
d1	2.2700	2.2680	
r1	1.0076	1.1163	—
κ	-8.8198E-01	-6.6558E-01	-45.6943
A4	2.7547E-03	1.2702E-02	0.1924E+00
A6	-2.3782E-03	-1.0544E-03	-0.2810E+00
A8	-6.0488E-03	-1.0112E-03	0.3082E+00
A10	-4.3594E-04	2.0597E-03	-0.2824E+00
A12	6.0477E-04	-2.9563E-04	0.1661E+00
A14	-4.7566E-04	-1.8963E-04	-0.4215E-01
A16	2.2420E-04	1.1015E-04	0
A18	1.4385E-05	7.0218E-05	0
A20	-3.1063E-05	-3.1473E-05	0

光路差関数係数

λ B	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.1650$	$1.1650 \leq h$
	410nm	405nm
B0	0	0
B2	8.6046E-03	0
B4	-7.2692E-03	-1.8334E-03
B6	-6.3471E-04	-4.9613E-04
B8	-1.7182E-03	-1.0052E-04
B10	4.1920E-04	6.1295E-05

【0098】

実施例3の対物レンズでは、表3に光路差関数を示すような回折構造が第1面の全面に形成されており、第2開口数0.65より内側（光軸からの高さが0～1.165mmまでの領域）の中央領域では波長410nmで最適化され、第2開口数0.65より外側（光軸からの高さが1.165mmから外側の領域）の周辺領域では波長405nmで最適化されている。上記の構成によると、中央領域における第1波長に対する3次回折光の回折効率は99.6%、第2波長に対する2次回折光の回折効率は95.2%となり、何れも高い回折効率を確保できる。

【0099】

図13は、実施例3の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図13(a)はBD使用時に相当する410nm、405nm、400nmにおける球面収差、図13(b)はDVD使用時に相当する660nm、655nm、650nmにおける球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例3の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用によりBD使用時には第1開口数0.85内で球面収差が良好に補正され、DVD使用時には第2開口数0.60内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の(4)式を満たすので、設計波長である405nm及び655nmに対して入射する波長が長くなった場合の410nm及び660nmにおける球面収差は第2開口数0.60内で補正不足となっている。

【0100】

また、実施例3の対物レンズでは、第1波長における全系の焦点距離に対して、上述の(7)式を満たすように、中央領域に形成された回折構造の焦点距離を-19.380mmに設定した。この結果、405nmから406nmへの入射光束の波長変化に対して発生するデフォーカス成分は、0.002λRMSに抑えられ、BDに対する再生から記録への切り替えの際に青紫色半導体レーザがモードホッピングを起こした場合でも集光性能を維持することができる。

【0101】

図14は、DVD使用時の第2開口数0.60内での最良像面位置におけるス

ポットダイアグラムを示す図である。DVD使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから $20\mu\text{m}$ 以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、赤色半導体レーザLD2からの光束をBDに対応する絞りSTOをすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、光検出器PD2の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0102】

[実施例4]

図15(a)は、実施例3にかかる対物レンズとBDとを示すレンズ断面図であり、図15(b)は実施例3にかかる対物レンズとDVDとを示すレンズ断面図である。実施例3の対物レンズは上述の対物レンズOBJ2として好適なプラスチックレンズであり、その具体的なレンズデータは表4に示されている。

【表 4】

f1=1.7649, NA1=0.85, λ 1=405nm, m1=0, n1=3, d0= ∞ , d2=0.5050, d3=0.1
 f2=1.8146, NA2=0.60, λ 2=655nm, m2=-0.0371, n2=2, d0=50.0, d2=0.3000, d3=0.6

面番号	r(mm)	d(mm)	N λ 1	N λ 2	ν d
0	—	d0	—	—	—
1	r1	d1	1.5601	1.5407	56.3
2	-2.0052	d2	—	—	—
4	∞	d3	1.6195	1.5772	30.0
5	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 2 面
	$0 \leq h < 1.1120$	$1.1120 \leq h$	
d1	2.2200	2.2354	—
r1	1.2588	1.17484	—
κ	-0.6213	-7.3993E-01	-32.0075
A4	0.2696E-01	2.6681E-02	0.1686E+00
A6	0.8858E-02	-4.2355E-02	-0.2659E+00
A8	-0.1816E-02	8.0073E-03	0.3390E+00
A10	0.5996E-03	1.2787E-02	-0.3320E+00
A12	-0.7542E-03	-9.1304E-03	0.1844E+00
A14	-0.6312E-04	-1.1778E-03	-0.4215E-01
A16	0.2185E-03	1.8774E-03	0
A18	0.9685E-04	-3.3309E-04	0
A20	-0.5672E-04	-3.1063E-05	0

光路差関数係数

	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.1120$	$1.1120 \leq h$
λ B	410nm	405nm
B0	-4.1000E-04	0
B2	0	0
B4	1.4106E-03	0
B6	-1.0076E-02	0
B8	5.6251E-03	0
B10	-1.6617E-03	0

【0103】

実施例4の対物レンズでは、表4に光路差関数を示すような回折構造が第1面の第2開口数0.65より内側（光軸からの高さが0～1.112mmまでの領域）の中央領域に形成されており、この回折構造は波長410nmで最適化されている。上記の構成によると、中央領域における第1波長に対する3次回折光の回折効率は99.6%、第2波長に対する2次回折光の回折効率は95.2%となり、何れも高い回折効率を確保できる。尚、第2開口数0.65より外側（光軸からの高さが1.112mmから外側の領域）の周辺領域は回折構造が形成されない連続非球面となっている。

【0104】

図16は、実施例4の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図16(a)はBD使用時に相当する410nm、405nm、400nmにおける球面収差、図16(b)はDVD使用時に相当する660nm、655nm、650nmにおける球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例4の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用によりBD使用時には第1開口数0.85内で球面収差が良好に補正され、DVD使用時には第2開口数0.60内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の(4)式を満たすので、設計波長である405nm及び655nmに対して入射する波長が長くなった場合の410nm及び660nmにおける球面収差は第2開口数0.60内で補正不足となっている。

【0105】

図17は、DVD使用時の第2開口数0.60内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。DVD使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから30μm以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、赤色半導体レーザLD2からの光束をBDに対応する絞りSTOをすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、光検出器PD2の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0106】

[実施例 5]

図 18 (a) は、実施例 4 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図であり、図 18 (b) は実施例 4 にかかる対物レンズと DVD とを示すレンズ断面図である。実施例 4 の対物レンズは上述の対物レンズ OBJ 3 として好適なプラスチックレンズであり、その具体的なレンズデータは表 5 に示されている。

【表 5】

$f1=1.7639$, $NA1=0.85$, $\lambda 1=405nm$, $m1=-0.0913$, $n1=3$, $d0=20.0000$, $d2=0.4715$,
 $d3=0.1$

$f2=1.8057$, $NA2=0.65$, $\lambda 2=655nm$, $m2=-0.0923$, $n2=2$, $d0=20.2715$, $d2=0.2000$,
 $d3=0.6$

面番号	r(mm)	d(mm)	$N \lambda 1$	$N \lambda 2$	νd
0	—	d0	—	—	—
1	r1	2.5800	1.5601	1.5407	56.3
2	-1.4694	d2	—	—	—
4	∞	d3	1.6195	1.5772	30.0
5	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 2 面
	$0 \leq h < 1.2210$	$1.2210 \leq h$	
r1	1.1516	1.1493	—
κ	-9.2643E-01	-8.5168E-01	-21.0313
A4	-6.7747E-04	-1.1501E-02	0.2244E+00
A6	-1.1226E-02	-3.4925E-03	-0.3388E+00
A8	-2.8711E-03	-1.2256E-04	-0.2700E+00
A10	1.9751E-03	2.4623E-03	0.1476E+00
A12	-4.0649E-04	-4.1825E-04	-0.3512E-01
A14	-4.6192E-04	-2.6947E-04	-0.1917E-08
A16	6.6042E-04	1.1673E-04	0
A18	-2.7954E-04	7.0210E-05	0
A20	3.9471E-05	-2.4833E-05	0

光路差関数係数

	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.2210$	$1.2210 \leq h$
λB	410nm	405nm
B0	0	0
B2	0	0
B4	-5.4268E-03	-5.7439E-03
B6	-2.4244E-03	-9.8539E-04
B8	-2.2172E-04	3.2815E-05
B10	2.4098E-04	2.6543E-04

【0 1 0 7】

実施例 5 の対物レンズでは、表 4 に光路差関数を示すような回折構造が第 1 面の全面に形成されており、第 2 開口数 0.65 より内側（光軸からの高さが 0 ~ 1.221 mm までの領域）の中央領域では波長 410 nm で最適化され、第 2 開口数 0.65 より外側（光軸からの高さが 1.221 mm から外側の領域）の周辺領域では波長 405 nm で最適化されている。上記の構成によると、第 2 開口数 0.60 より内側の中央領域における第 1 波長に対する 3 次回折光の回折効率 は 99.6 %、第 2 波長に対する 2 次回折光の回折効率は 95.2 % となり、何れも高い回折効率を確保できる。

【0108】

図 19 は、実施例 4 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図 19 (a) は BD 使用時に相当する 410 nm, 405 nm, 400 nm における球面収差、図 19 (b) は DVD 使用時に相当する 660 nm, 655 nm, 650 nm における球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例 5 の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用により BD 使用時には第 1 開口数 0.85 内で球面収差が良好に補正され、DVD 使用時には第 2 開口数 0.65 内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の (4) 式を満たすので、設計波長である 405 nm 及び 655 nm に対して入射する波長が長くなった場合の 410 nm 及び 660 nm における球面収差は第 2 開口数 0.65 内で補正不足となっている。

【0109】

図 20 は、DVD 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。DVD 使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから 25 μ m 以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、発光点 E P 2 からの光束を BD に対応する絞り S T O をすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、受光部 D S 2 の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0110】

[実施例 6]

図 21 (a) は、実施例 5 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図で

あり、図 2 1 (b) は実施例 5 にかかる対物レンズと D V D とを示すレンズ断面図である。実施例 6 の対物レンズは上述の対物レンズ O B J 1 として好適な複合型レンズであり、その具体的なレンズデータは表 6 に示されている。実施例 6 の対物レンズは B D に対して球面収差補正がなされたガラスレンズと、パワーを持たないプラスチック光学素子から構成されており、パワーを持たないプラスチック光学素子の光束入射面側の光学面（第 1 面）に回折構造が形成されている

【表 6】

f1=1.7651, NA1=0.85, $\lambda_1=405\text{nm}$, m1=0, n1=3, d2=0.5194, d3=0.1
 f2=1.8123, NA2=0.65, $\lambda_2=655\text{nm}$, m2=0, n2=2, d2=0.2403, d3=0.6

面番号	r(mm)	d(mm)	$N\lambda_1$	$N\lambda_2$	νd
0	—	∞	—	—	—
1	∞	0.8000	1.5247	1.5065	56.5
2	∞	0.1000	—	—	—
3	1.2271	2.2200	1.6052	1.5862	61.3
4	-2.6229	d2	—	—	—
5	∞	d3	1.6195	1.5772	30.0
6	∞	—	—	—	—

非球面係数

	第 1 面		第 3 面	第 4 面
	$0 \leq h < 1.1820$	$1.1820 \leq h$		
K	0	0	-0.6836	-78.0185
A4	-3.9689E-02	0	0.1659E-01	0.1914E+00
A6	-1.0061E-02	0	0.4265E-02	-0.3059E+00
A8	-2.0653E-03	0	-0.3322E-03	0.3310E+00
A10	0	0	0.1946E-02	-0.2903E+00
A12	0	0	-0.4741E-03	0.1660E+00
A14	0	0	-0.2527E-03	-0.4215E-01
A16	0	0	0.1153E-03	0
A18	0	0	0.6725E-04	0
A20	0	0	-0.3106E-04	0

光路差関数係数

	第 1 面	
	$0 \leq h < 1.1820$	$1.1820 \leq h$
λB	410nm	—
B0	0	0
B2	0	0
B4	-7.0236E-03	0
B6	-1.7967E-03	0
B8	-3.4882E-04	0
B10	-5.6751E-06	0

【0111】

実施例6の対物レンズでは、表6に光路差関数を示すような回折構造が第1面の第2開口数0.65より内側（光軸からの高さが0～1.182mmまでの領域）の中央領域に形成されており、この回折構造は波長410nmで最適化されている。上記の構成によると、中央領域における第1波長に対する3次回折光の回折効率は99.6%、第2波長に対する2次回折光の回折効率は95.2%となり、何れも高い回折効率を確保できる。尚、第2開口数0.65より外側（光軸からの高さが1.182mmから外側の領域）の周辺領域は回折構造が形成されない平面となっている。

【0112】

図22は、実施例6の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフであり、図22(a)はBD使用時に相当する410nm, 405nm, 400nmにおける球面収差、図22(b)はDVD使用時に相当する660nm, 655nm, 650nmにおける球面収差の値をそれぞれ示している。これらの球面収差のグラフから理解されるように、実施例5の対物レンズでは、中央領域に形成した回折構造の作用によりBD使用時には第1開口数0.85内で球面収差が良好に補正され、DVD使用時には第2開口数0.65内で球面収差が良好に補正されている。また、上述の(4)式を満たすので、設計波長である405nm及び655nmに対して入射する波長が長くなった場合の410nm及び660nmにおける球面収差は第2開口数0.65内で補正不足となっている。

【0113】

図23は、DVD使用時の第2開口数0.65内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。DVD使用時に周辺領域を通過した光束は大きな球面収差を有し、中央領域により形成されたスポットから50μm以上離れた位置に散らばる光線密度の小さいフレア成分となる。これにより、赤色半導体レーザLD2からの光束をBDに対応する絞りSTOをすべて通過させても、周辺領域を通過した光束は、光検出器PD2の光検出特性に悪影響を及ぼすことはない。

【0114】

表 7 に、請求項における (1)、(3)、(4)、(7)、(9)、(13) 式に対応する上記実施例の値を示す。

【表 7】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
(1)	1. 6	1. 6	1. 6	1. 6	1. 6	1. 6
(3)、(4)	0. 15	-0. 25	0. 15	0. 15	0. 15	0. 15
(7)、(9)	0	0. 14	-0. 09	0	0	0
(13)	1. 2	1. 3	1. 3	1. 3	1. 5	1. 3

【0115】

【発明の効果】

本発明によれば、例えば BD や DVD のごとく保護層の厚さが異なり、且つ使用波長の差が大きい 2 種類の光情報記録媒体をコンパチブルに記録及び／又は再生できる光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

回折構造を最適化波長 405 nm でブレイズ化した場合、500 nm でブレイズ化した場合、650 nm でブレイズ化した場合の 1 次回折光の回折効率を示すグラフである。

【図 2】

対物レンズの断面図の例であり、回折構造は誇張して示している。

【図 3】

図 3 (a) は、本発明による光ピックアップ装置用の第 1 の対物レンズ OBJ 1 を搭載し、BD と DVD とをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第 1 の光ピックアップ装置 PU 1 の構成を概略的に示す図であり、図 3 (b) は、対物レンズ OBJ 1 の一部拡大断面図である。

【図 4】

本発明による光ピックアップ装置用の第 2 の対物レンズ OBJ 2 を搭載し、BD と DVD とをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第 2 の光ピ

ックアップ装置 P U 2 の構成を概略的に示す図である。

【図 5】

図 5 (a) は、本発明による光ピックアップ装置用の第 3 の対物レンズ O B J 3 を搭載し、B D と D V D とをコンパチブルに記録及び／又は再生することが可能な第 3 の光ピックアップ装置 P U 3 の構成を概略的に示す図であり、図 5 (b) は、レーザモジュール L M の正面図である。

【図 6】

図 6 (a) は、実施例 1 にかかる対物レンズと B D とを示すレンズ断面図であり、図 6 (b) は実施例 1 にかかる対物レンズと D V D とを示すレンズ断面図である。

【図 7】

実施例 1 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 8】

D V D 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【図 9】

図 9 (a) は、実施例 2 にかかる対物レンズと B D とを示すレンズ断面図であり、図 9 (b) は実施例 2 にかかる対物レンズと D V D とを示すレンズ断面図である。

【図 10】

実施例 2 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 11】

D V D 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【図 12】

図 12 (a) は、実施例 3 にかかる対物レンズと B D とを示すレンズ断面図であり、図 12 (b) は実施例 3 にかかる対物レンズと D V D とを示すレンズ断面図である。

【図 13】

実施例 3 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 14】

DVD 使用時の第 2 開口数 0.60 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【図 15】

図 15 (a) は、実施例 3 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図であり、図 15 (b) は実施例 3 にかかる対物レンズと DVD とを示すレンズ断面図である。

【図 16】

実施例 4 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 17】

DVD 使用時の第 2 開口数 0.60 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【図 18】

図 18 (a) は、実施例 4 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図であり、図 18 (b) は実施例 4 にかかる対物レンズと DVD とを示すレンズ断面図である。

【図 19】

実施例 4 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 20】

DVD 使用時の第 2 開口数 0.65 内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【図 21】

図 21 (a) は、実施例 5 にかかる対物レンズと BD とを示すレンズ断面図であり、図 21 (b) は実施例 5 にかかる対物レンズと DVD とを示すレンズ断面図である。

【図 22】

実施例 6 の対物レンズの球面収差により表される色収差のグラフである。

【図 23】

DVD使用時の第2開口数0.65内での最良像面位置におけるスポットダイアグラムを示す図である。

【符号の説明】

MD1 BD用モジュール（第1光源）

MD2 DVD用モジュール（第2光源）

LM レーザモジュール

BS ビームスプリッタ

COL コリメートレンズ

STO 絞り

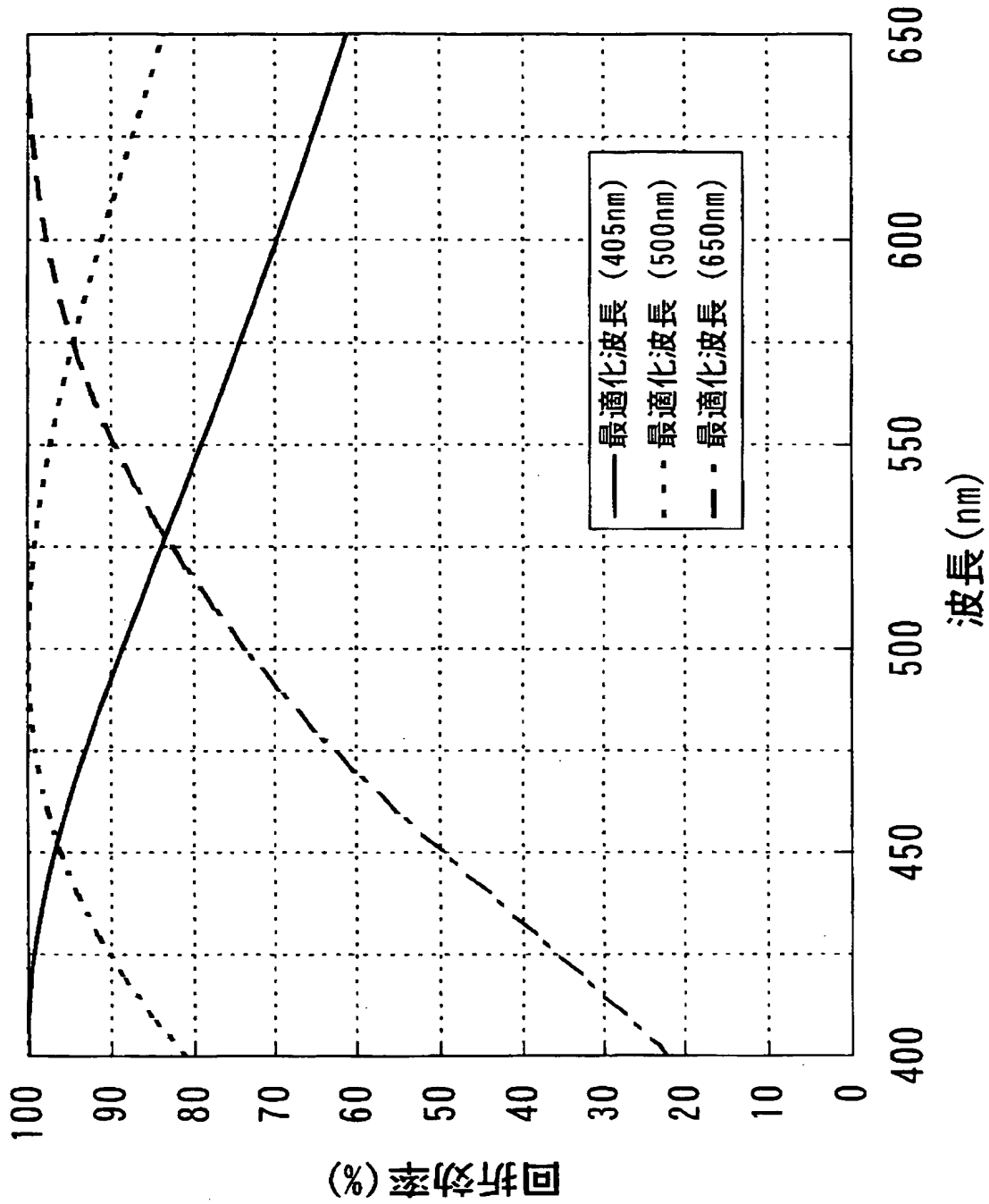
OBJ1～OBJ3 対物レンズ

AC アクチュエータ

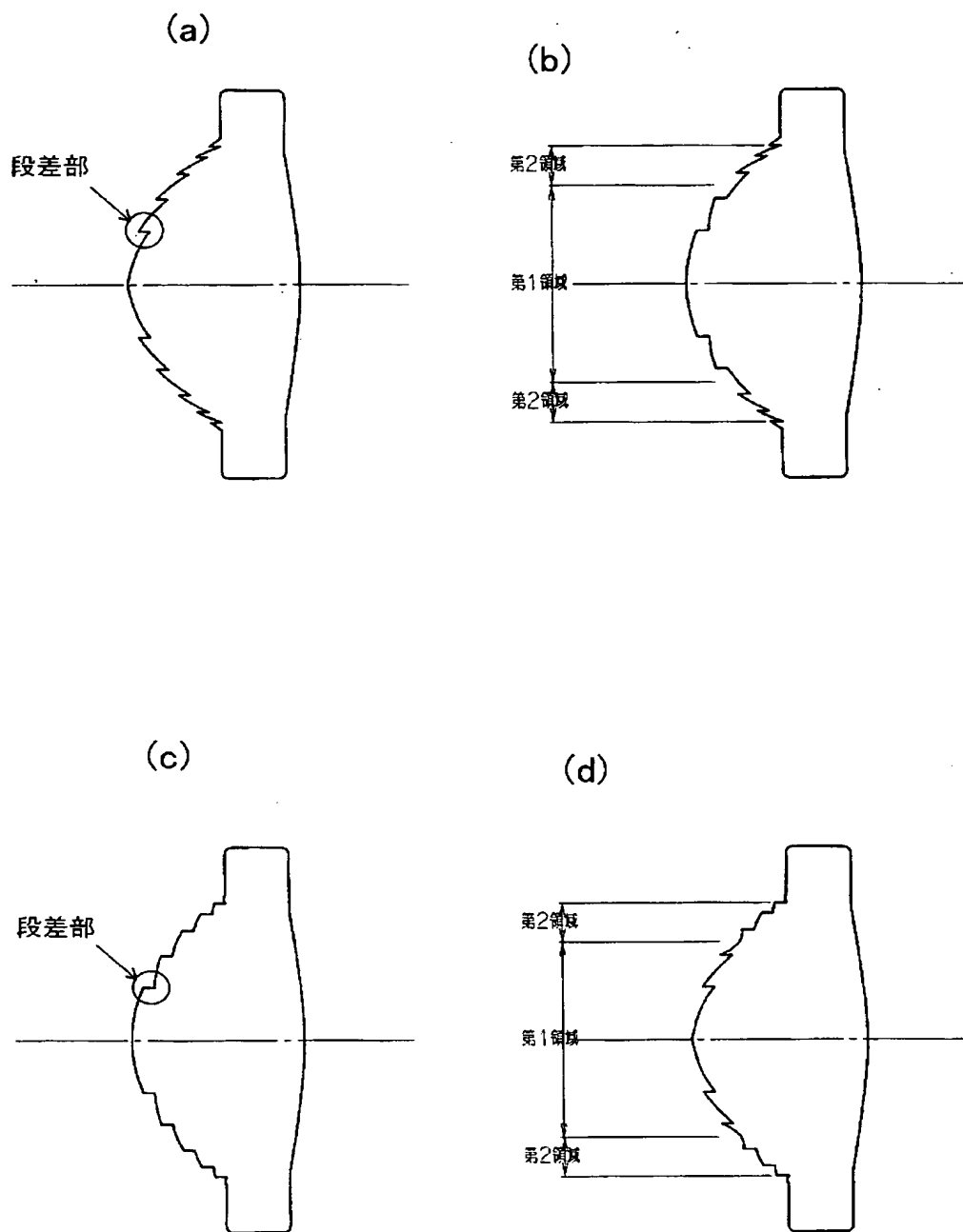
【書類名】

図面

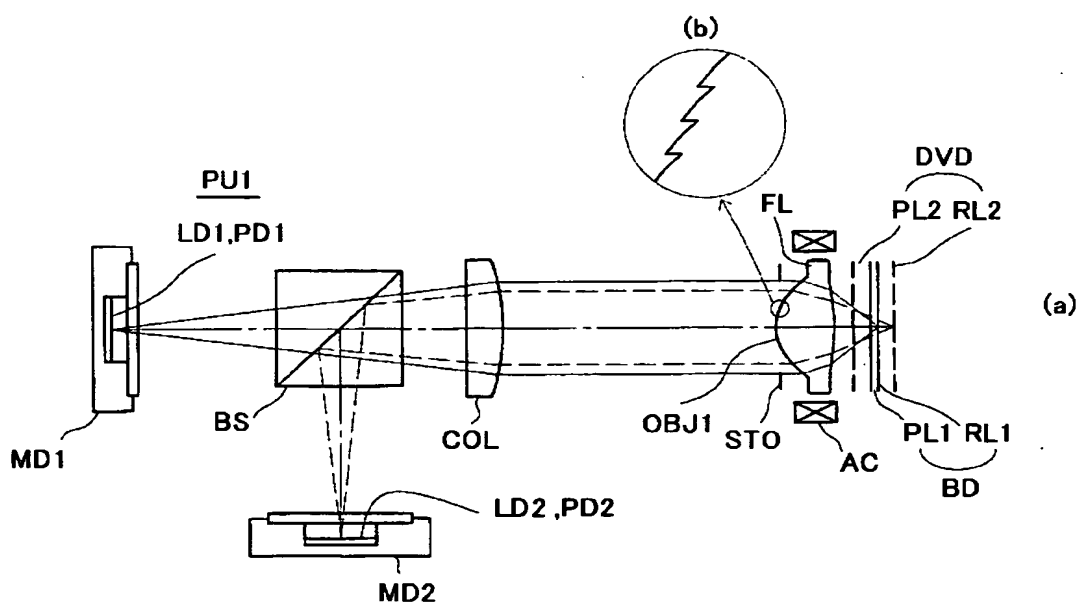
【図 1】



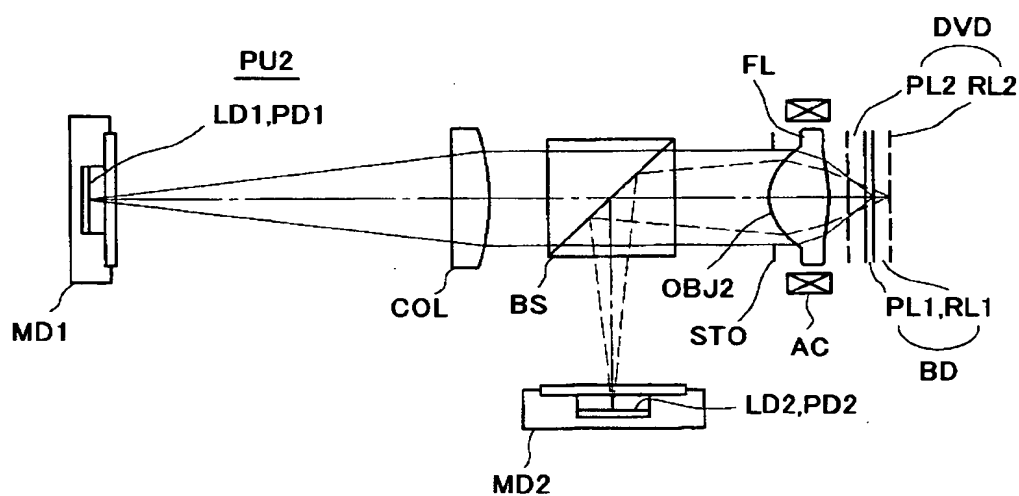
【図 2】



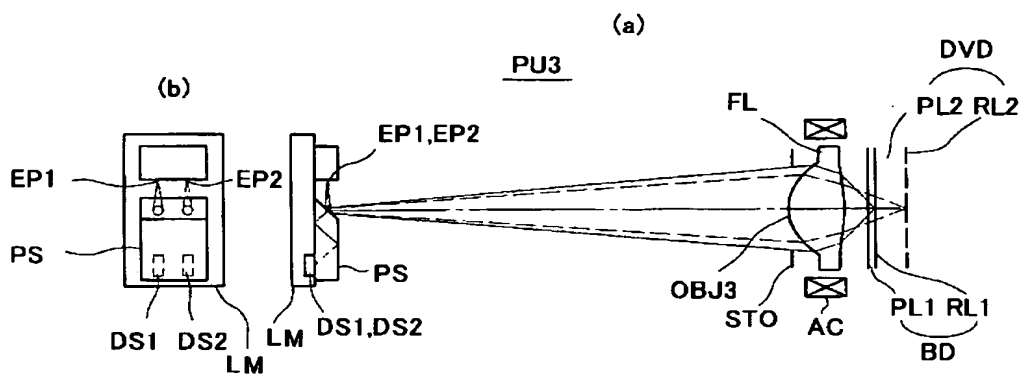
【図 3】



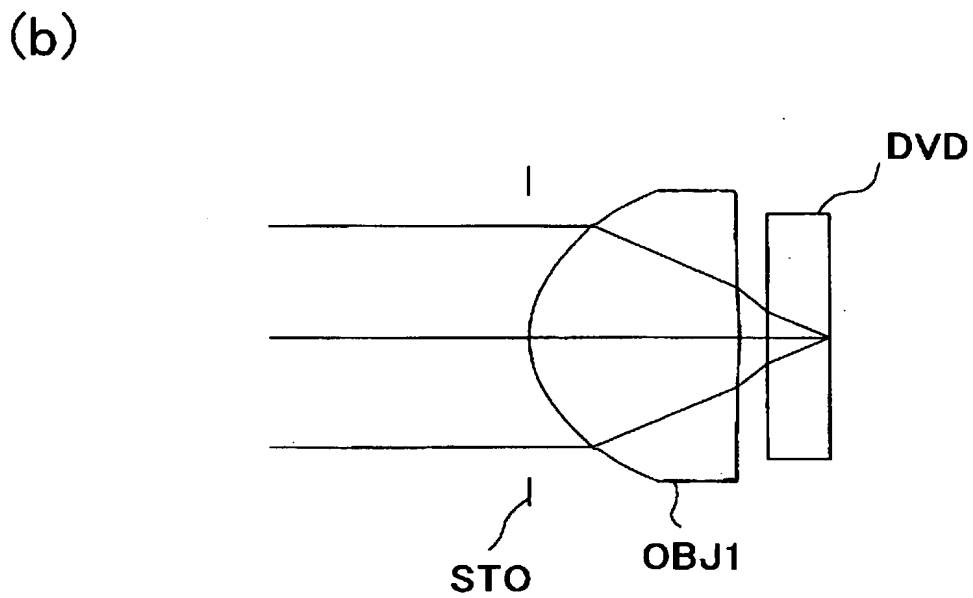
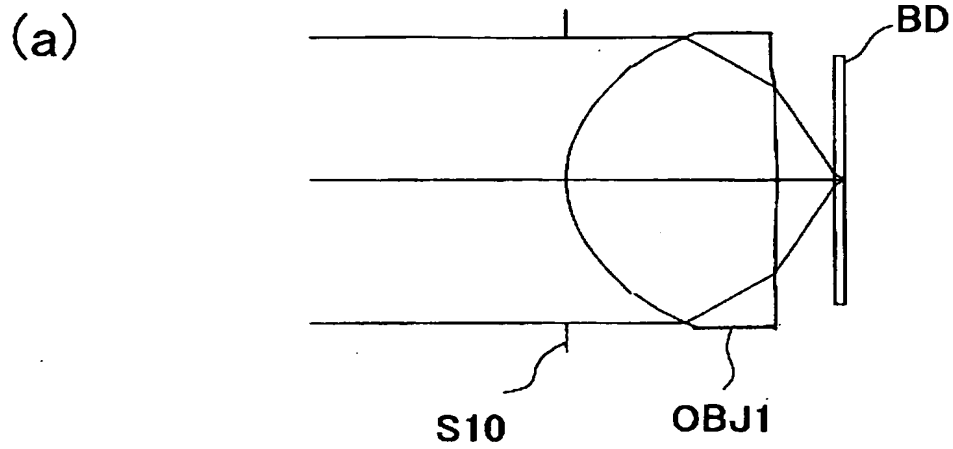
【图 4】



【図 5】

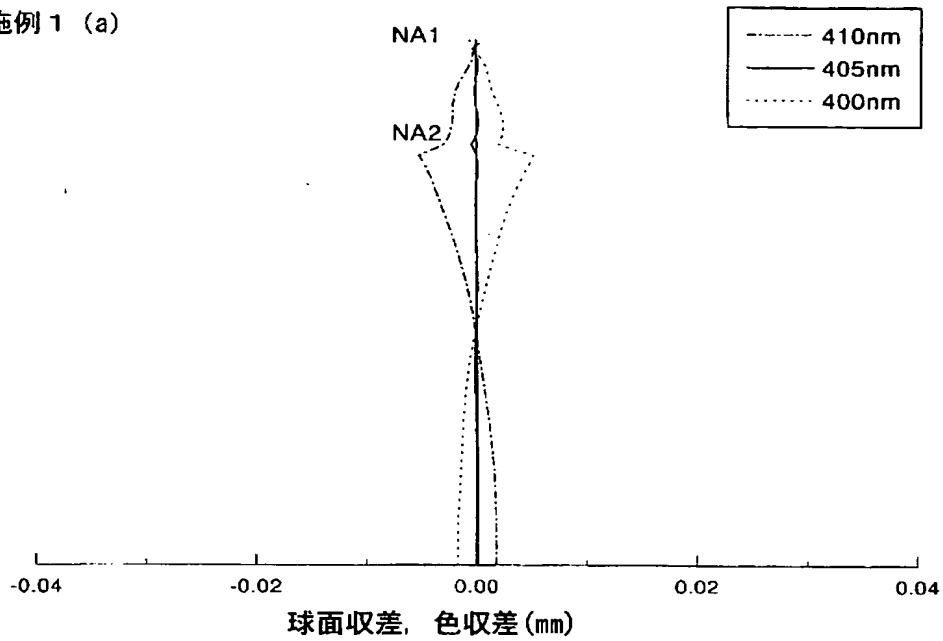


【図 6】

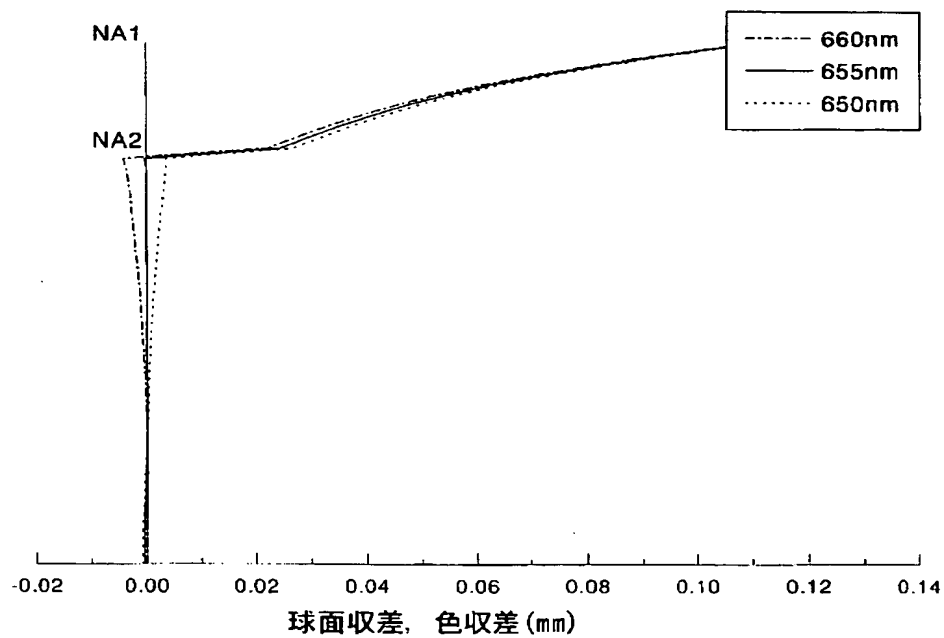


【図 7】

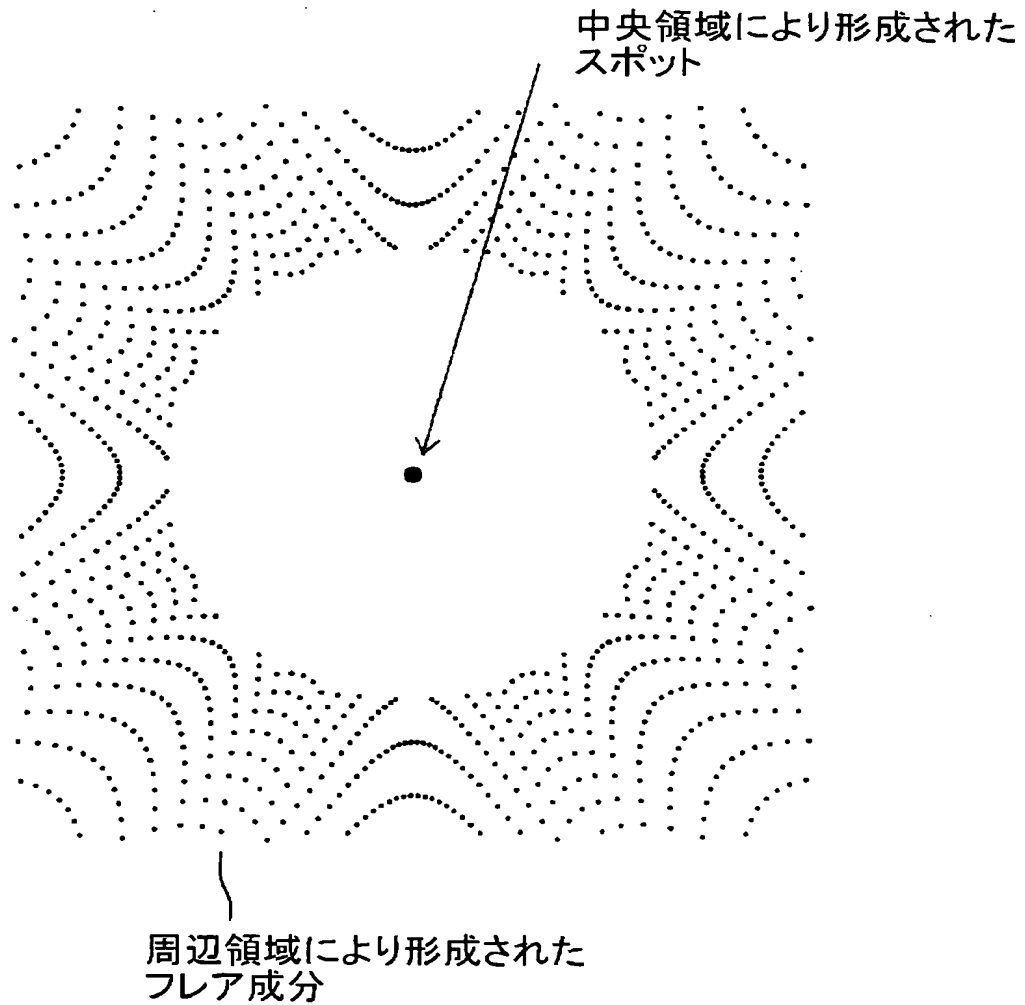
実施例 1 (a)



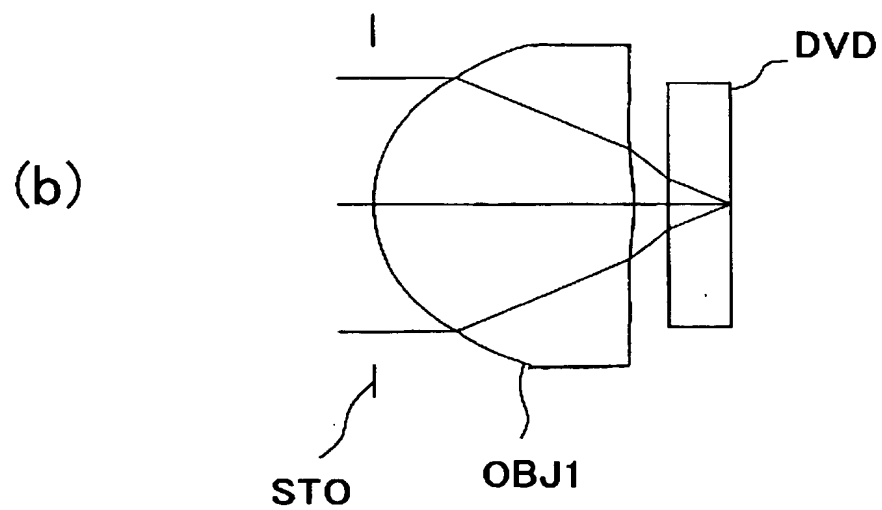
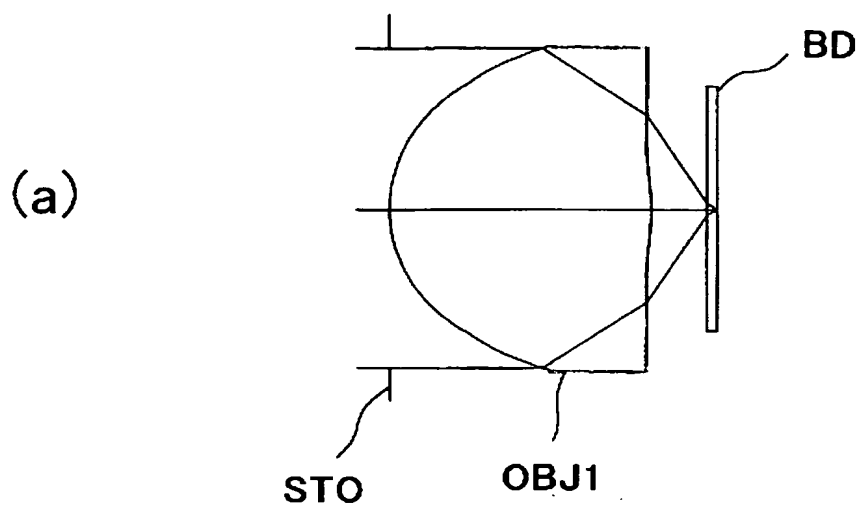
実施例 1 (b)



【図 8】

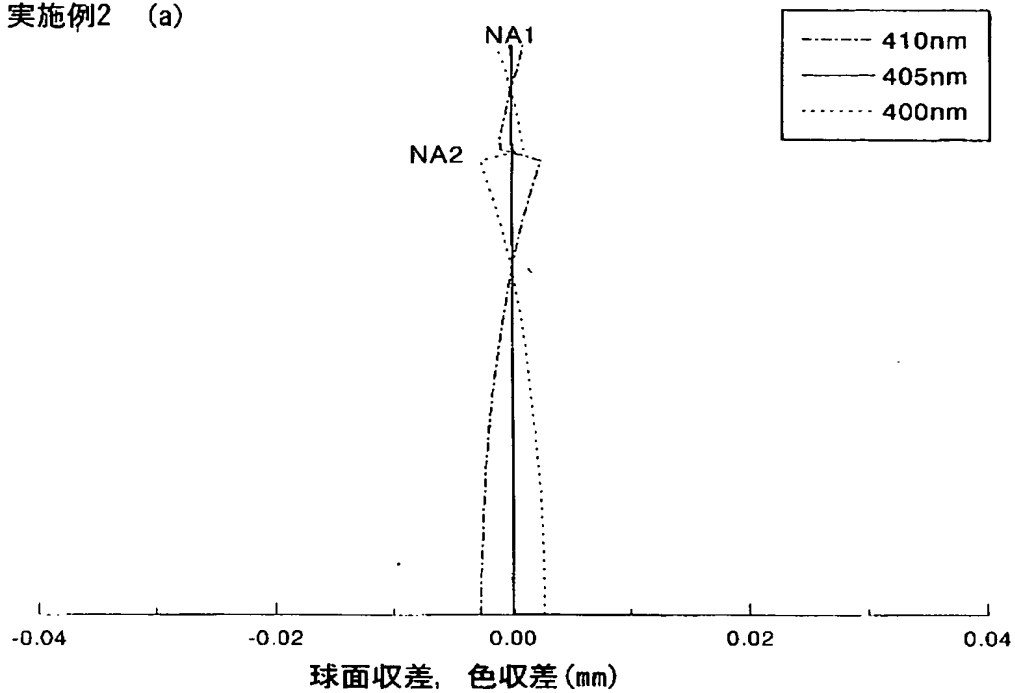


【図 9】

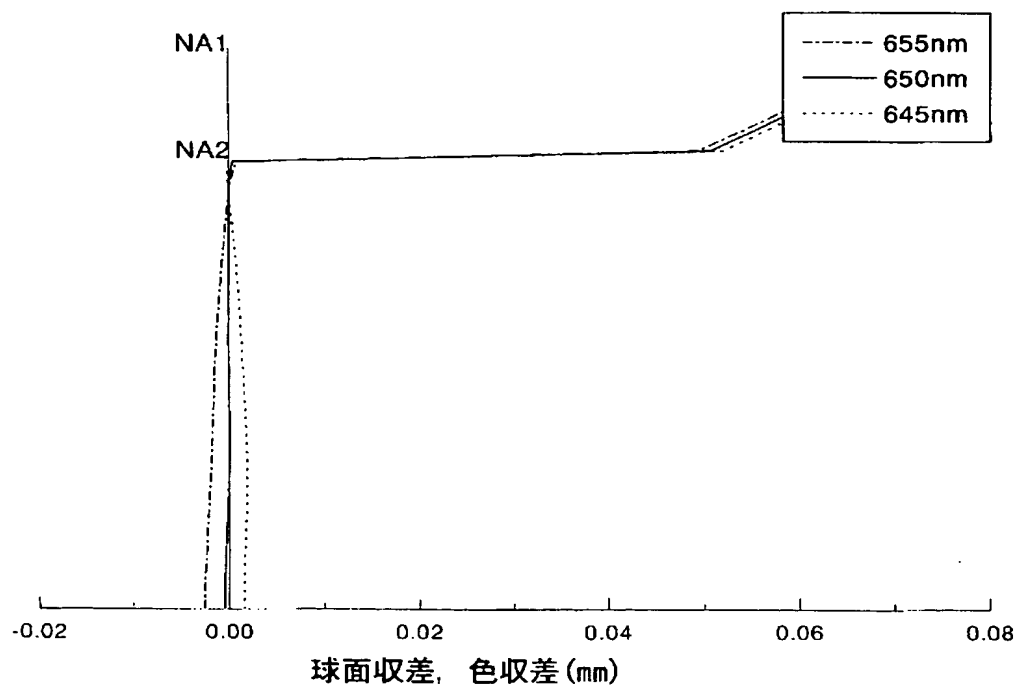


【図 10】

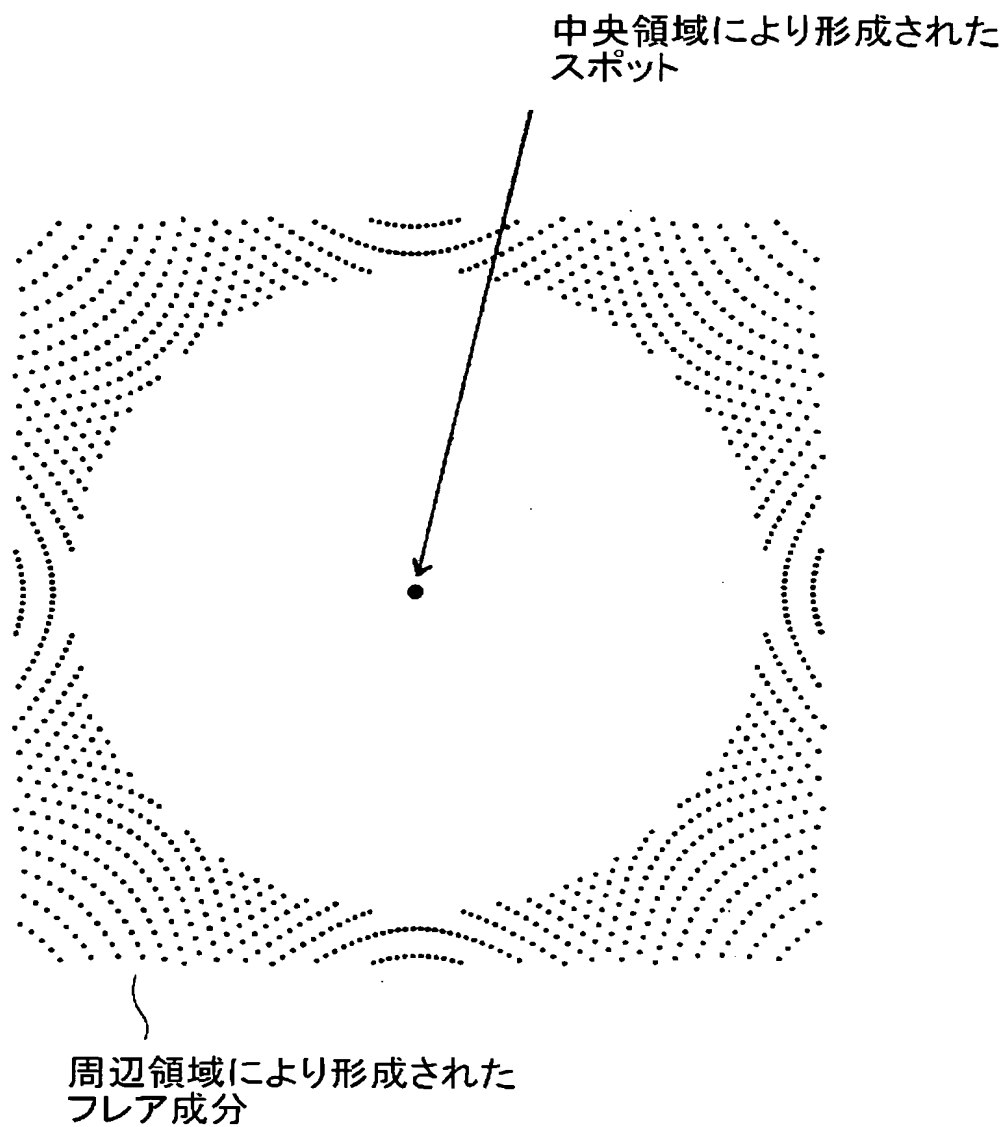
実施例2 (a)



実施例2 (b)

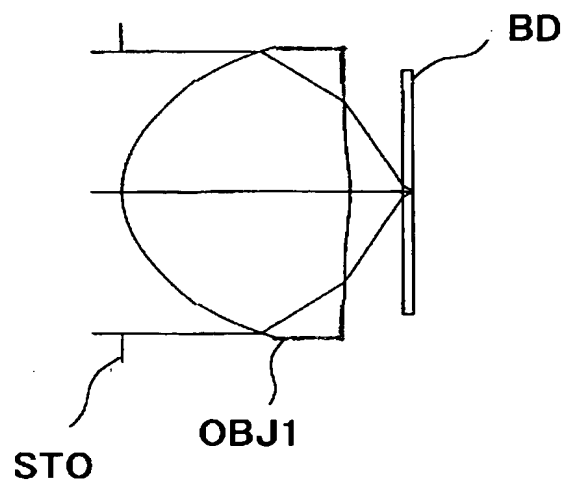


【図 11】

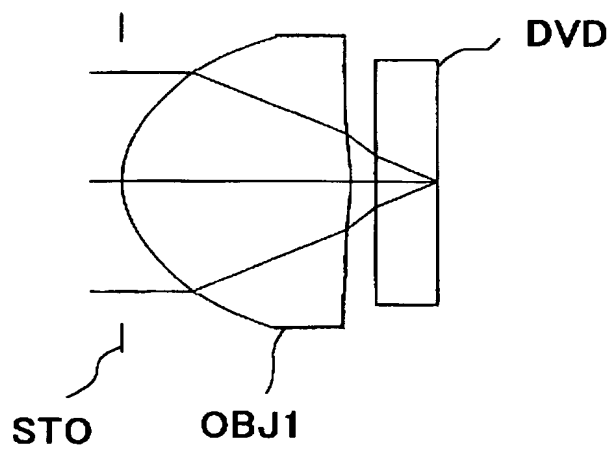


【図 12】

(a)

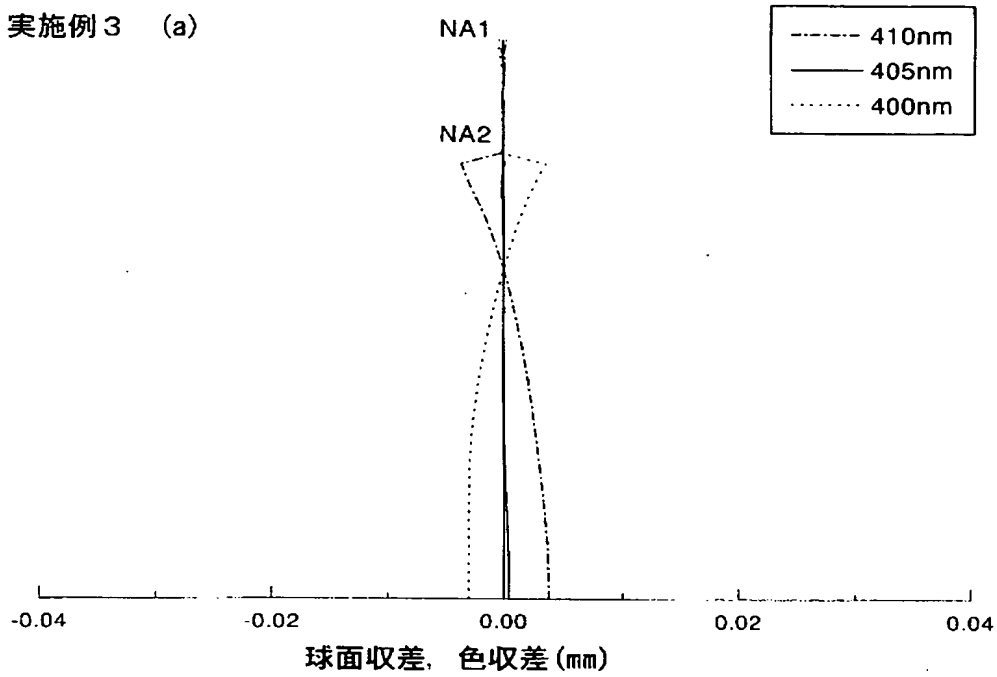


(b)

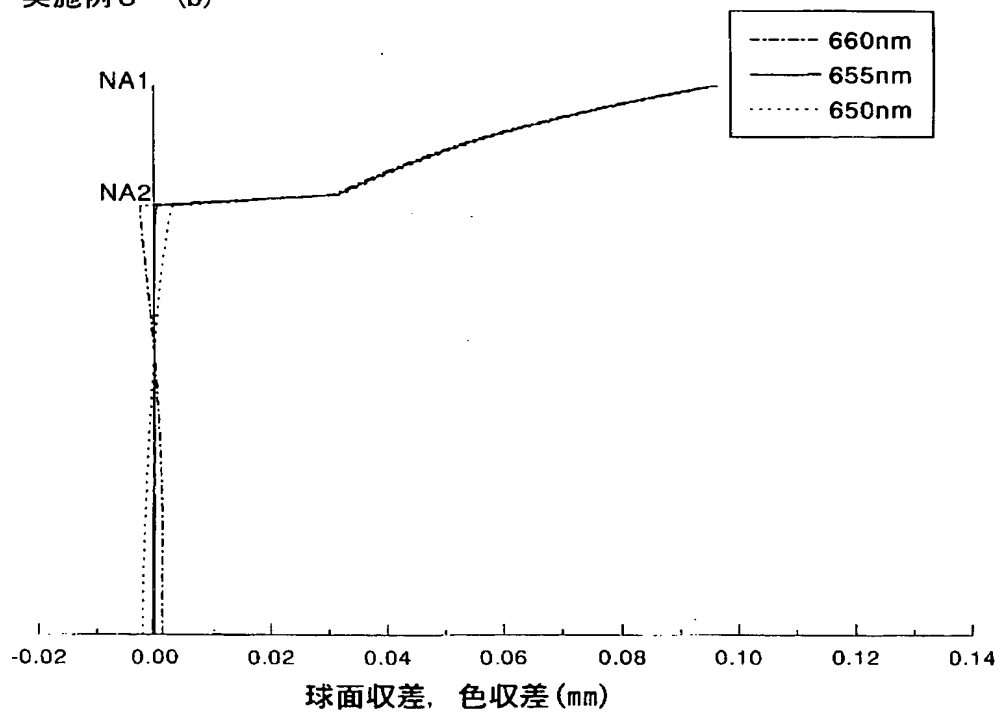


【図 13】

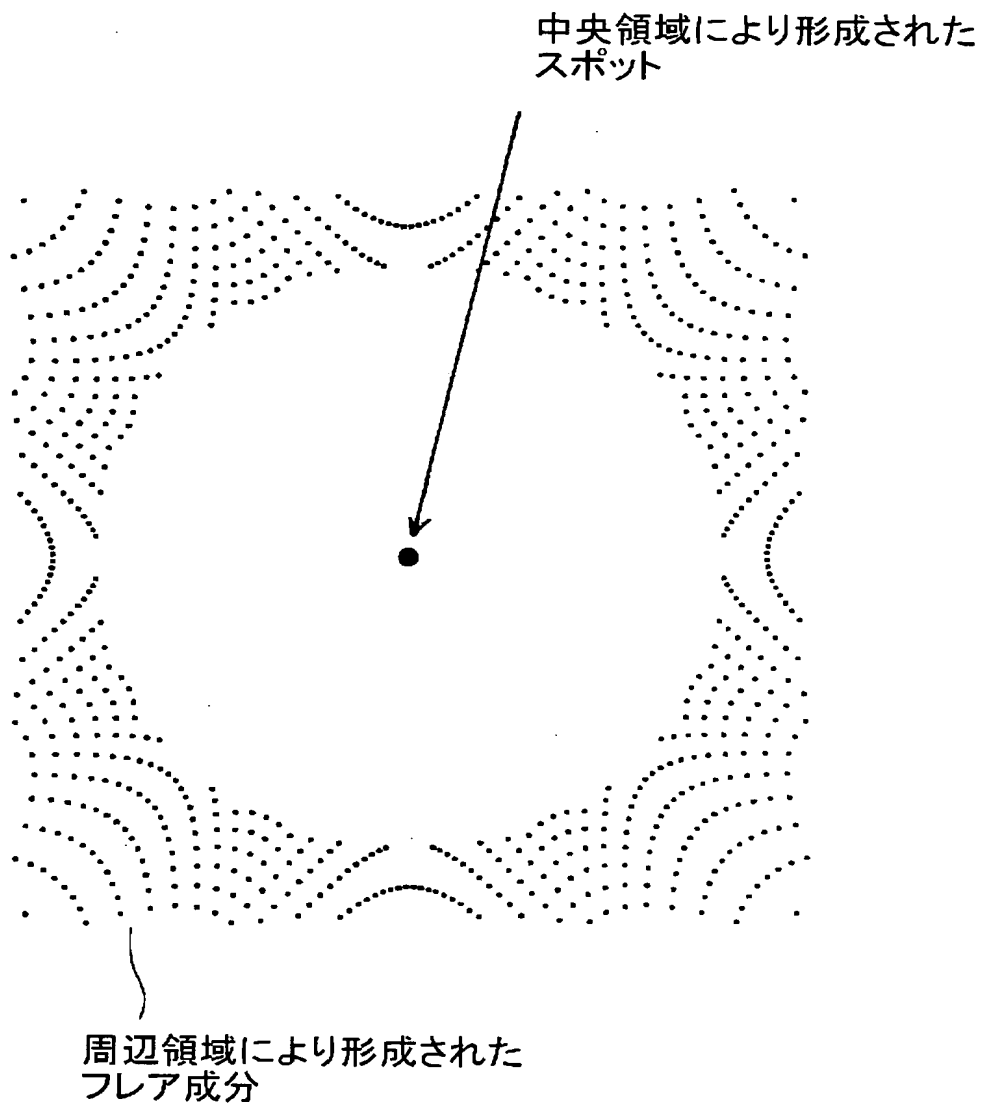
実施例 3 (a)



実施例 3 (b)

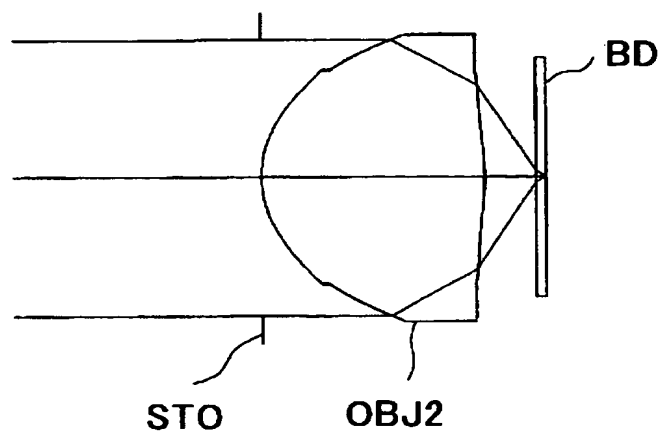


【図 14】

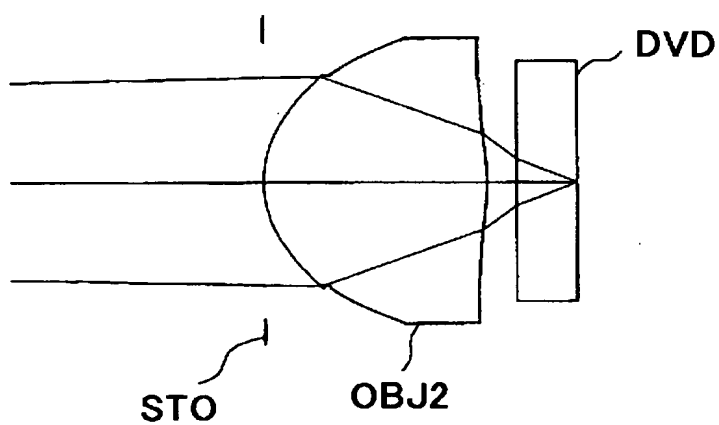


【図 15】

(a)

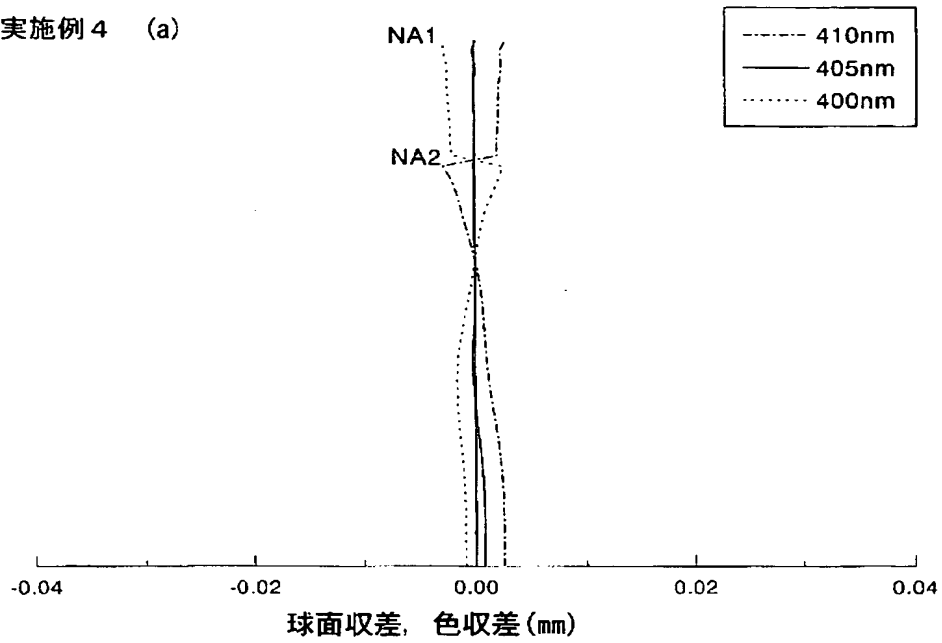


(b)

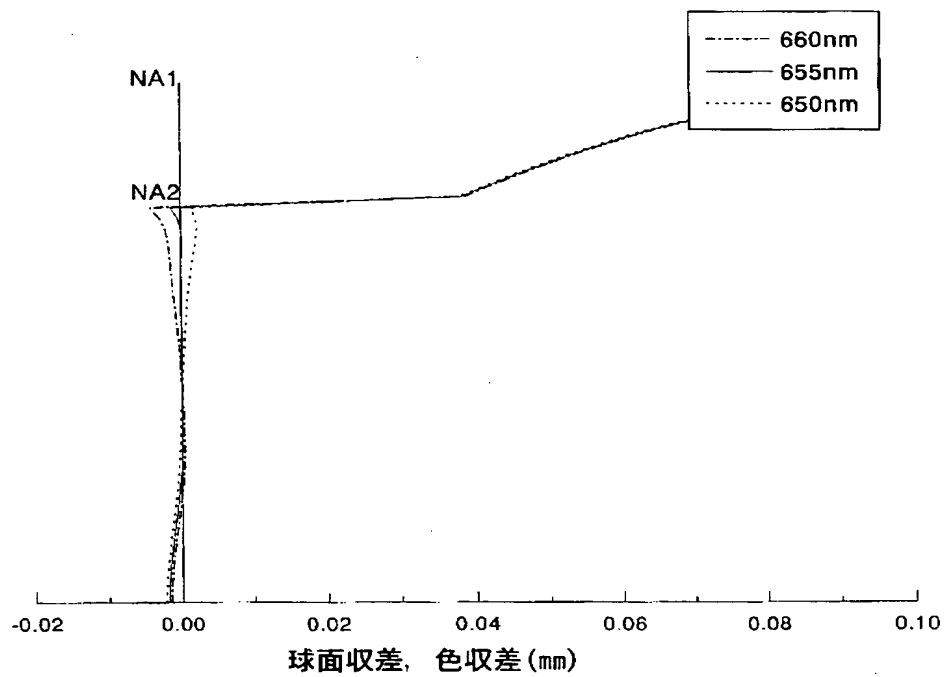


【図 16】

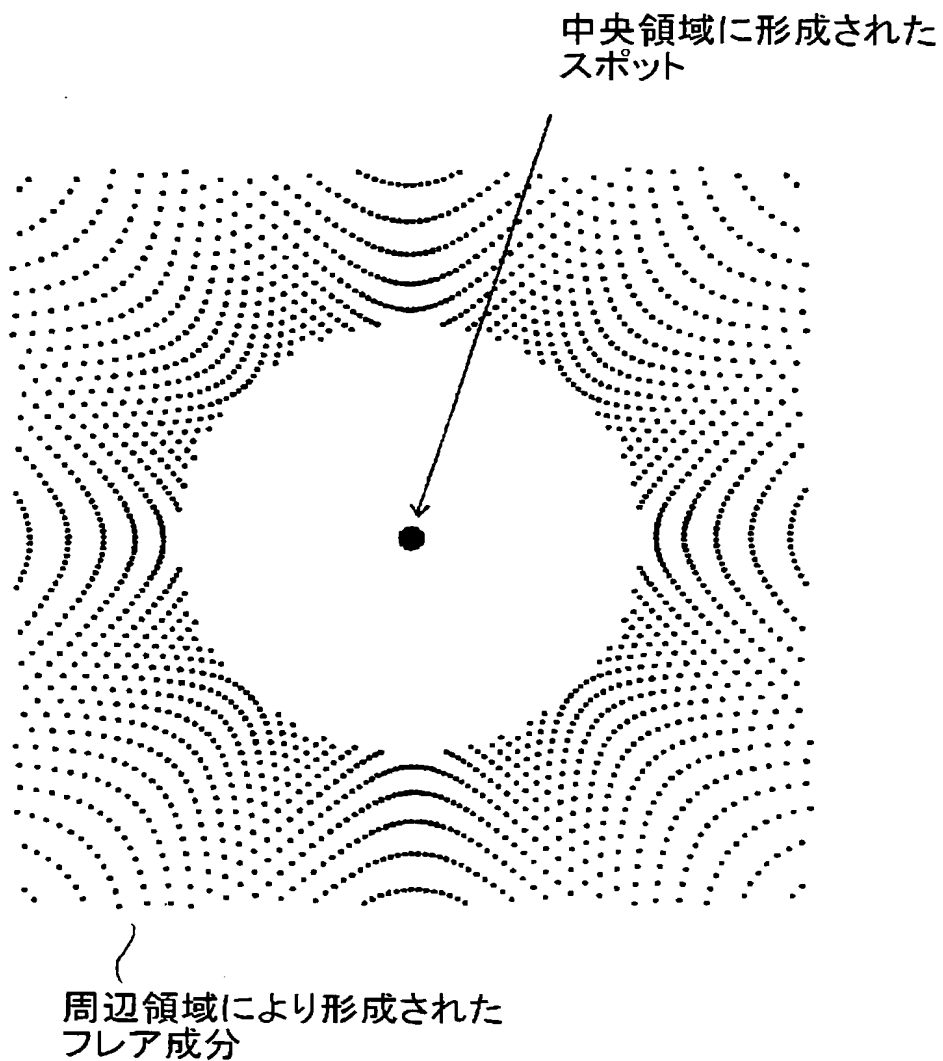
実施例 4 (a)



実施例 4 (b)

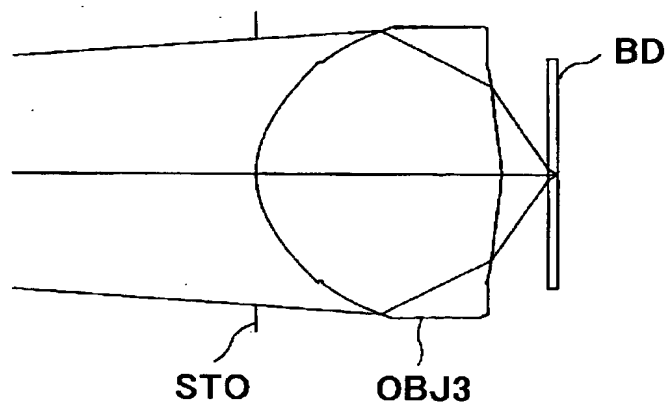


【図 17】

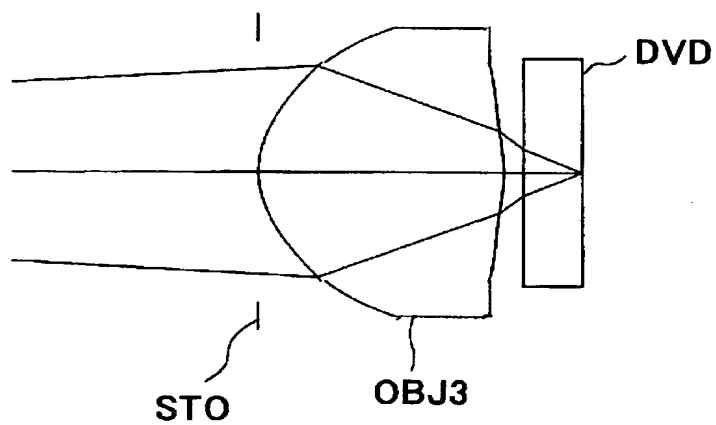


【図 18】

(a)

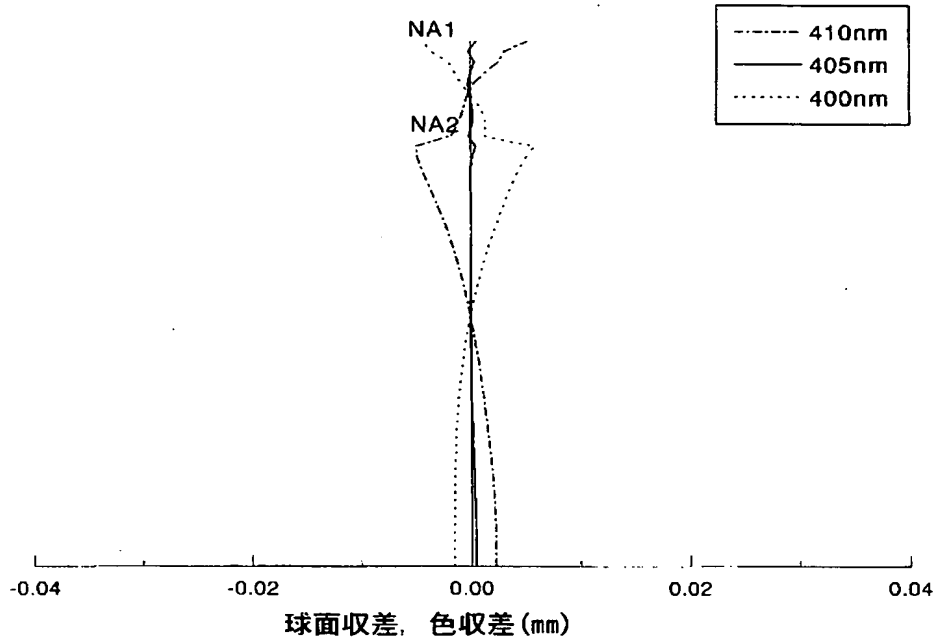


(b)

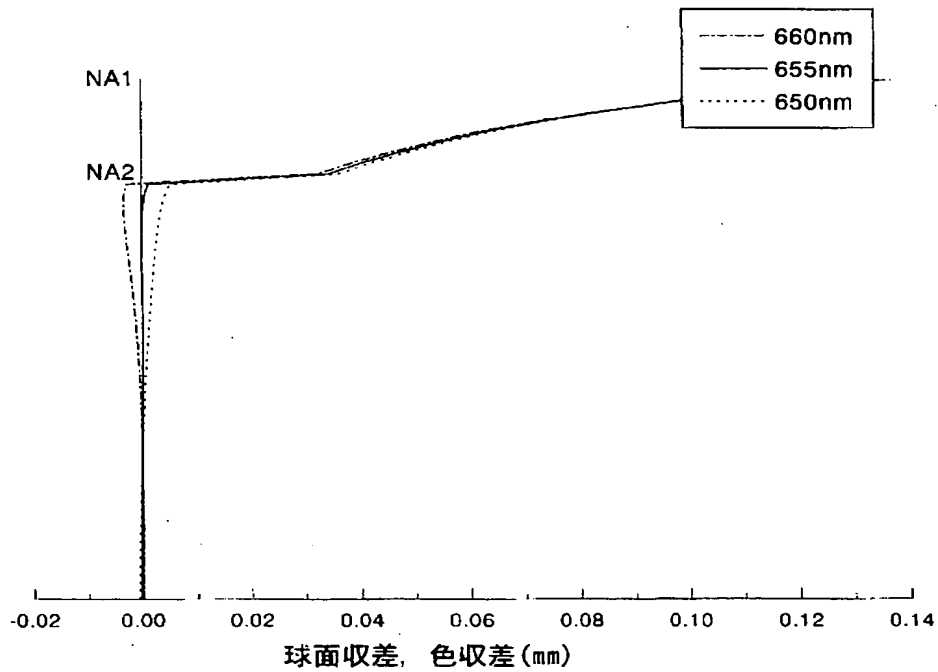


【図 19】

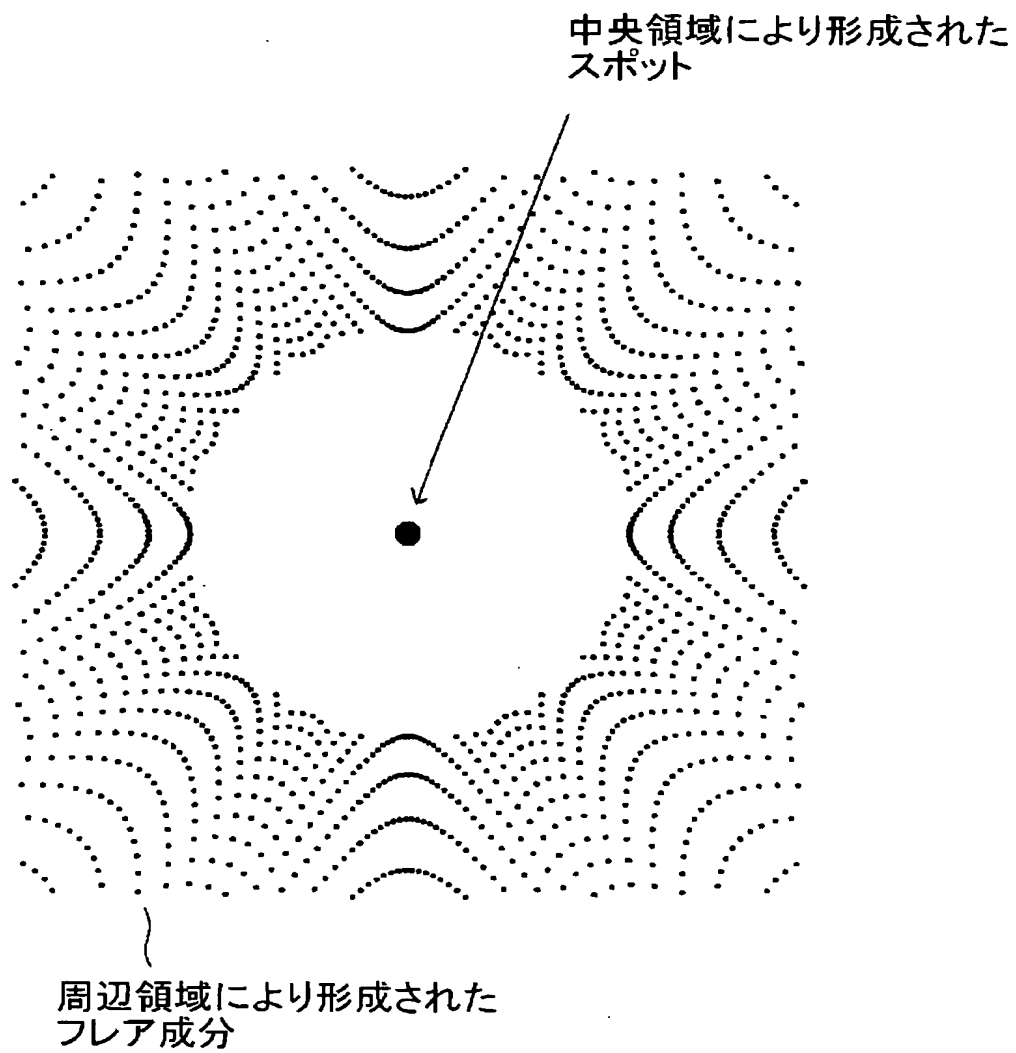
実施例5 (a)



実施例5 (b)

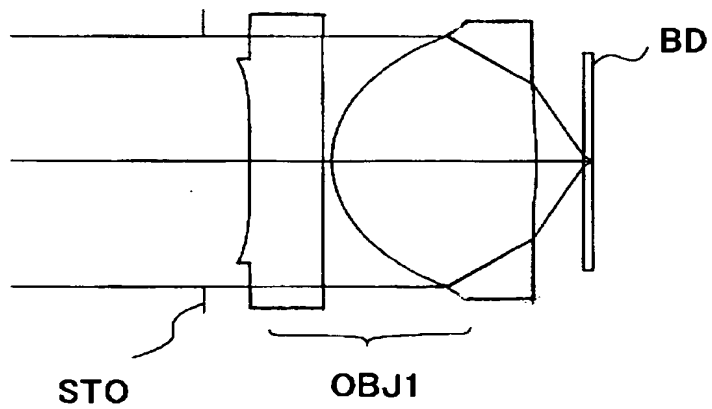


【図 20】

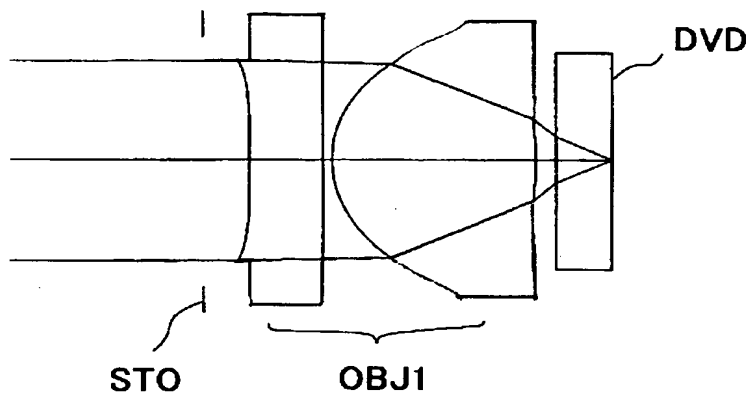


【図 21】

(a)

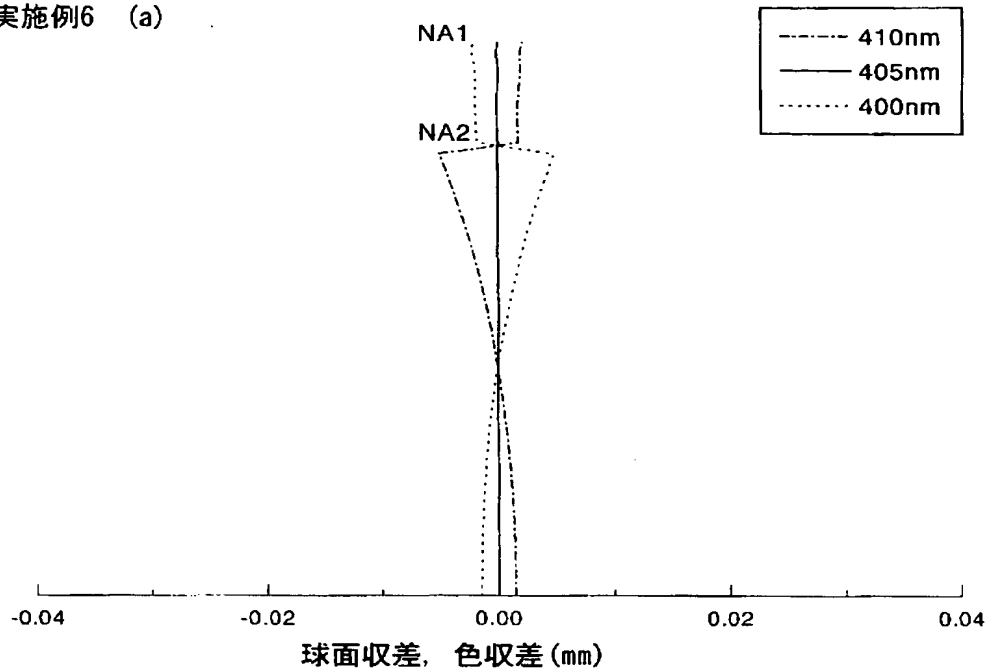


(b)

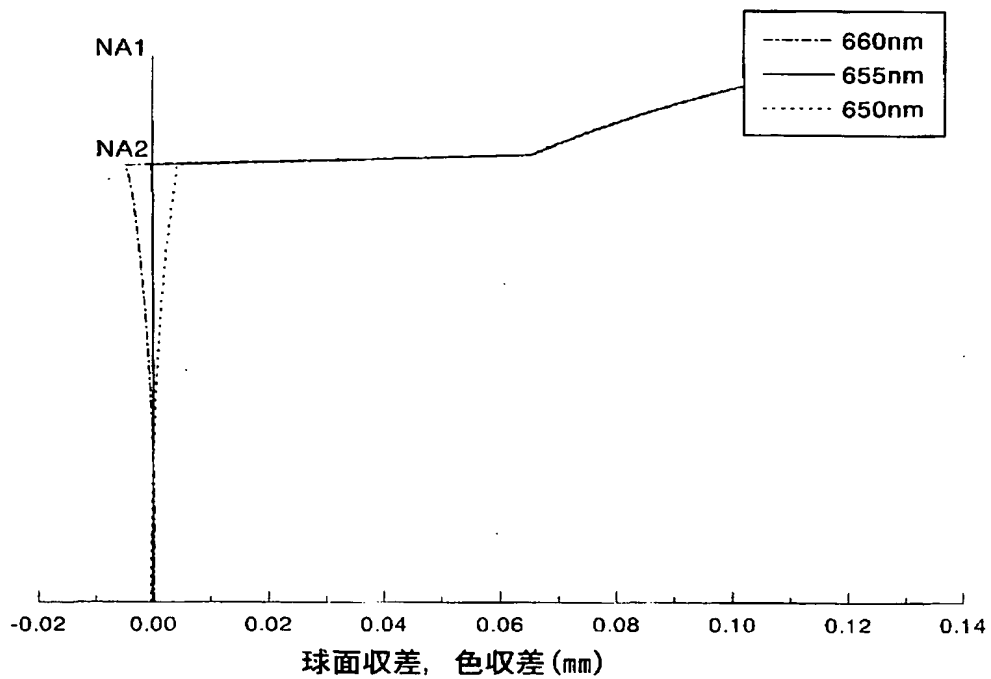


【図 22】

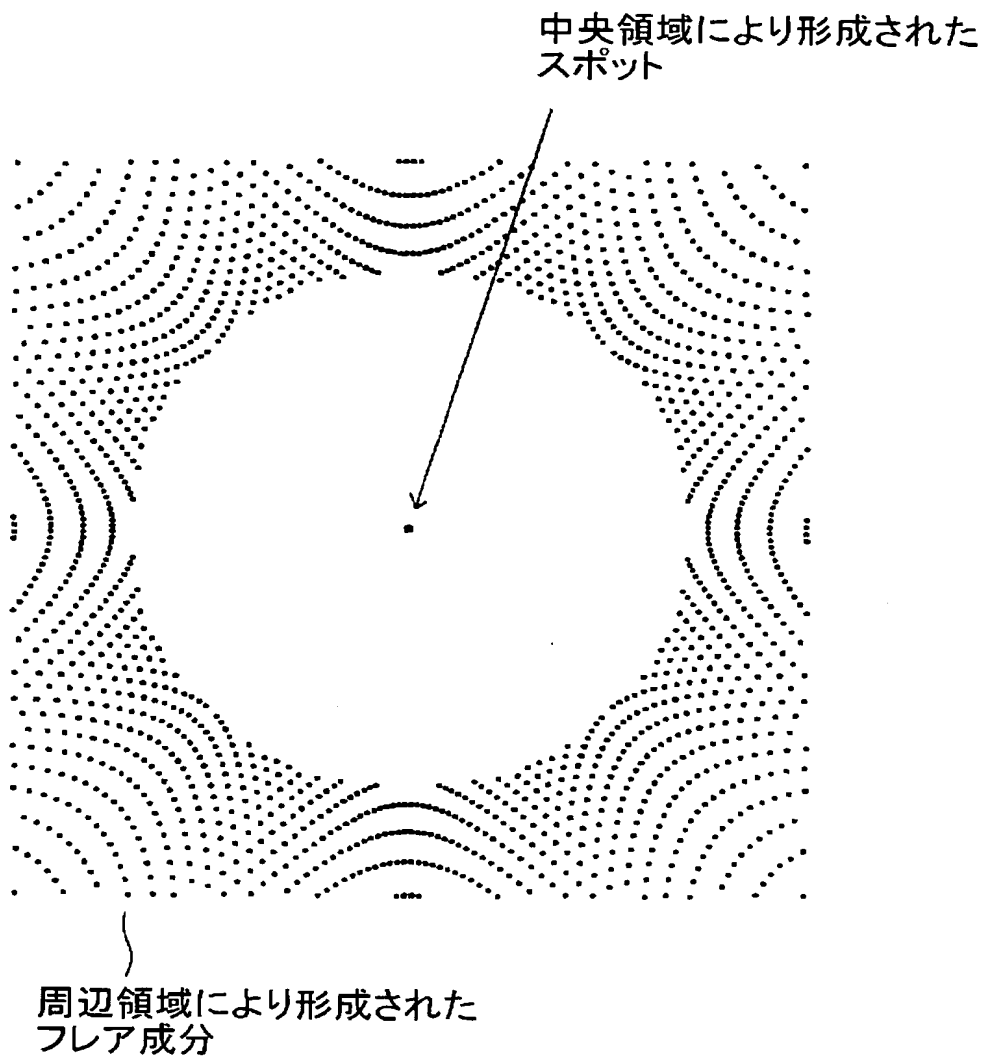
実施例6 (a)



実施例6 (b)



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

例えばBDやDVDのごとく保護層の厚さが異なり、且つ使用波長の差が大きい2種類の光情報記録媒体をコンパチブルに記録及び／又は再生できる光ピックアップ装置用の対物レンズ、光ピックアップ装置及び光情報記録再生装置を提供する。

【解決手段】

対物レンズは、BD用の第1光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_1 に対して、DVD用の第2光束が入射した場合に発生する回折光のうち最大の光量を有する回折光の次数 n_2 がより低次となるように設定された同心円状の複数の輪帯からなる回折構造を少なくとも1つの光学面上に有するとともに、第1開口数 NA_1 内で良好な波面を形成するように、 n_1 次回折光を第1保護層を介して第1光情報記録媒体の情報記録面上に集光し、第2開口数 NA_2 ($NA_2 < NA_1$) 内で良好な波面を形成するように、 n_2 次回折光を第2保護層を介して第2光情報記録媒体の情報記録面上に集光するので、屈折レンズとしての作用によりBD用の第1保護層とDVD用の第2保護層の厚さの違いに起因して変化する球面収差を、回折構造の波長依存性を利用して相殺補正することができる。

【選択図】 図3 (a)

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 3 5 9 7 8
受付番号	5 0 3 0 0 2 3 4 1 4 9
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 5 年 2 月 1 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 2月14日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 3 5 9 7 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 2 7 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
氏 名 コニカ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 4 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 6 番 2 号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社
3. 変更年月日 2 0 0 3 年 8 月 2 1 日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
氏 名 コニカミノルタホールディングス株式会社